



# La mobilité urbaine, de la paralysie au péage? = Urban mobility from paralysis to pricing?

Charles Raux, Martin Lee-Gosselin

## ► To cite this version:

Charles Raux, Martin Lee-Gosselin. La mobilité urbaine, de la paralysie au péage? = Urban mobility from paralysis to pricing?: Actes du Colloque La régulation des déplacements urbains par leurs prix, 4, 5 et 6 décembre 1991 dans le cadre des Entretiens Jacques Cartier, Lyon (France). RAUX Charles, LEE-GOSSELIN Martin (Eds). Programme Rhône-Alpes, recherches en sciences humaines; Centre Jacques Cartier, 363 p., 1992, Programme Rhône-Alpes Recherches en sciences humaines, ISSN 1160-2961; 10, Alain Bideau. halshs-00270822

**HAL Id: halshs-00270822**

**<https://shs.hal.science/halshs-00270822>**

Submitted on 7 Apr 2008

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Cet ouvrage vous est proposé avec l'aimable autorisation des éditeurs scientifiques, du Centre Jacques Cartier maîtres des droits, Programme Rhône-Alpes Recherches en sciences humaines. La présente version en PDF est sous le copyright du Centre Jacques Cartier, PRARSH (<http://cjc.univ-lyon2.fr/>) – 1991. Ce document est protégé en vertu de la loi du droit d'auteur.

With the editors and the publisher of the copyright agreement. The present version in PDF is under the copyright of Centre Jacques Cartier, Programme Rhône-Alpes Recherches en sciences humaines (<http://cjc.univ-lyon2.fr/>).

-----

Ce document devrait être référencé de la manière suivante :

RAUX Charles, LEE-GOSSELIN Martin (Eds). La mobilité urbaine, de la paralysie au péage ? = Urban mobility from paralysis to pricing? Actes du Colloque La régulation des déplacements urbains par leurs prix, 4, 5 et 6 décembre 1991 dans le cadre des Entretiens Jacques Cartier, Lyon (France). Lyon : PRARSH. 1992. 363 p.

-----



Programme Rhône-Alpes

Recherches en Sciences Humaines

# **LA MOBILITE URBAINE : DE LA PARALYSIE AU PEAGE ?**

## ***URBAN MOBILITY : FROM PARALYSIS TO PRICING ?***

**EDITE SOUS LA DIRECTION DE :**

Charles RAUX  
Martin LEE-GOSSELIN

**DIRECTEUR DE LA PUBLICATION :**

**ALAIN BIDEAU**

**PROGRAMME PLURIANNUEL  
EN SCIENCES HUMAINES RHONE-ALPES**

**COORDINATION SCIENTIFIQUE**

Alain BIDEAU, Directeur de Recherche au CNRS

**GESTION DU PROGRAMME**

Centre National de la Recherche Scientifique, BP 1335, 2  
Avenue Einstein, 69609 VILLEURBANNE Cédex

**PARTENAIRES**

CONSEIL REGIONAL  
CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE /  
MINISTERE DE LA CULTURE / MINISTERE DE L'EDUCATION  
NATIONALE / MINISTERE DE LA RECHERCHE ET DE LA  
TECHNOLOGIE

L'ensemble des partenaires participe au financement global à  
hauteur de dix-sept millions de francs.

**THEMES DE RECHERCHE**

1. Processus d'apprentissage, emploi, formation
2. Héritages culturels et actualité du patrimoine
3. Espace et territoires régionaux : enjeux et dynamique de  
recomposition
4. Population, Modes de vie, Cycles de vie

**PROCEDURES D'EVALUATION**

La Commission Scientifique, composée d'enseignant-  
chercheurs, de Représentants de la Région, du CNRS et des  
Ministères :

- . définit les orientations et les Appels d'Offres
- . évalue et examine le déroulement des projets
- . assure le suivi scientifique, la responsabilité de diffusion et  
de valorisation des recherches et des résultats

Le Comité de Direction retient les équipes et gère les moyens  
mis en oeuvre.



# LA MOBILITE URBAINE : DE LA PARALYSIE AU PEAGE ?

## *URBAN MOBILITY : FROM PARALYSIS TO PRICING ?*

édité sous la direction de :

**Charles RAUX**, CNRS, Laboratoire d'Economie des Transports  
**Martin LEE-GOSSELIN**, Professeur à l'Université Laval, Québec

Ce livre rassemble les communications présentées lors du colloque "La régulation des déplacements urbains par leurs prix" qui s'est tenu à Lyon, dans le cadre des Entretiens Jacques Cartier, les 4, 5 et 6 décembre 1991. Ce colloque était placé sous la responsabilité scientifique de :

**Alain BONNAFOUS**, Professeur à l'Université Lumière Lyon 2,  
Directeur du Laboratoire d'Economie des Transports, Lyon  
**Charles RAUX**, Ingénieur de Recherche au CNRS, Laboratoire  
d'Economie des Transports, Lyon  
**Martin LEE-GOSSELIN**, Professeur à l'Université Laval, Québec  
**David LEWIS**, Responsable de la Division Economie et Politique  
de Hickling Corporation, Ottawa

Ont également participé activement à la préparation de ce colloque et de cet ouvrage :

**Odile ANDAN**, Chercheur au CNRS  
**Patrick BONNEL**, Enseignant-chercheur à l'Ecole Nationale des  
Travaux Publics de l'Etat  
**Jean-Michel CUSSET**, Chargé de Recherche au CNRS  
**Bruno FAIVRE D'ARCIER**, Chargé de Recherche à l'INRETS

tous les membres du Laboratoire d'Economie des Transports.

La mise en page et la présentation des textes ont été supervisées par  
**Danièle BLOY**, Secrétaire Générale du Laboratoire d'Economie des  
Transports.

## Préface

Lorsqu'une idée dérangeante, comme celle du péage urbain, ressurgit à peu près au même moment sur plusieurs continents, ce ne peut être un simple effet de mode. C'est plus probablement qu'il y a, en matière de transport urbain, un problème mal résolu. En l'occurrence, il y en a deux : un problème de congestion et un problème de financement des transports publics. Le charme intellectuel du péage urbain tient à ce qu'il constitue l'un des rares instruments qui est susceptible, tout à la fois, d'agir sur les niveaux de mobilité en voiture particulière, et donc sur les encombrements, et d'apporter de nouvelles ressources financières au système. Mais il est clair qu'au delà de cette attrait logique du péage urbain se profilent d'autres difficultés inhérentes à la mise en place d'un tel système : son acceptabilité, son efficacité réelle, ses conséquences sur l'espace et plus généralement ses éventuels effets pervers.

L'organisation du colloque a été conçue pour que puissent être décortiquées efficacement quelques-unes de ces questions. Une première session, présidée par Jacques Gagneur, a été consacrée à l'examen des solutions classiquement envisagées pour traiter de la crise de la congestion et du financement des transports publics. Les grandes tendances ont été rappelées, ce qui a permis d'apprécier les risques d'aggravation de cette double crise et les différents types de mesures ont été confrontés, ce qui a permis de situer les solutions consistant à faire payer le transport à son "juste coût".

Le thème de la deuxième session, présidée par Raymond Maubois, a été consacré au problème de la récupération des externalités et à la question qui lui est directement liée de la tarification. Il en est ressorti assez clairement un certain accord sur les principes théoriques, qui, d'une manière ou d'une autre, dérivent de l'efficacité présumée de l'internalisation. Cependant la mise en oeuvre de ces principes n'est pas aussi simple que nous le suggère la théorie.

Cela a été particulièrement illustré par le thème de la troisième session, présidée par Jean-Pierre Orfeuil, qui concernait les réactions des usagers à un système de péage urbain. La complexité de cette question résulte, bien entendu, du peu d'expériences disponibles en la matière et, par conséquent, de la difficulté qu'il y a à modéliser les réponses de la demande à un stimulus pratiquement inédit.

Les réactions des usagers ne relèvent pas uniquement de modification de la demande de transport. C'est pourquoi une quatrième session, présidée par Martin Lee-Gosselin, a été consacrée à des aspects plus généraux de ces réactions, sous le thème des "enjeux et de l'acceptabilité des péages". alimentée par des travaux très diversifiés géographiquement, et par conséquent des expériences contrastées, cette session a montré, qu'en tout état de cause, les éventuelles expériences de péage

urbain ne pouvaient s'inscrire que dans des politiques globales aux multiples dimensions et mettant en jeu un grand nombre d'instruments complémentaires.

C'est dans cet esprit que, sous la stimulante animation de Louise Roy, une table ronde finale a débattu de l'efficacité d'un éventuel péage urbain. Là encore la diversité des points de vue a pris le pas sur l'accord des esprits et le débat n'a pas permis de déterminer ce qui devait l'emporter des vertus présumées du péage urbain ou des préventions qu'il peut susciter.

Martin Lee-Gosselin propose, dans l'introduction de ces actes, une lecture "horizontale" de toutes ces controverses et nous montre, qu'au total, les convergences sur les principes sont fortes, même si la question délicate reste posée de la légitimité d'un dispositif de péage sur un espace de voirie dont la gratuité est séculaire.

Ce débat reste ouvert et c'est au lecteur de ces actes d'apprécier dans quelle mesure il est aujourd'hui mieux instruit. Si sa réponse est négative, les organisateurs du colloque veulent bien en assumer la responsabilité. Si la réponse du lecteur est positive, qu'il sache que ces "entretiens" n'auraient pu avoir lieu sans le support du Centre Jacques Cartier et l'ouverture d'esprit que, sous l'impulsion d'Alain Bideau, son Directeur, cette institution manifeste face aux problèmes de notre temps.

Alain Bonnafous

## INTRODUCTION

Martin Lee-Gosselin

Professeur à l'Université Laval, Québec

La diversité des commentaires suscités par le titre du colloque, "la régulation des déplacements urbains par leur prix", m'a beaucoup impressionné. Puisque ce titre a une résonance particulière pour les tenants de nombreuses positions, nous pouvons cerner l'état du débat international actuel sur le péage urbain en comparant les exégèses qu'il inspire. En guise d'introduction, je veux profiter de la diversité des perspectives pour proposer une sorte de lecture transversale des contributions et réfléchir sur trois dimensions du péage urbain : ses objectifs, ses modalités d'application, son acceptabilité et sa perception par l'opinion.

Tout d'abord, les communications débattent abondamment des *objectifs du péage*. Ceci se traduit surtout par une opposition entre l'optimisation du réseau des transports et l'optimisation du marché des transports. Geffrin l'illustre par l'optique des ingénieurs du trafic versus celle des économistes. Considérant les enjeux qui motivent l'intérêt actuel pour le péage urbain - y compris ce colloque - notre discussion sur les objectifs du péage concerne le *développement du réseau compatible avec le respect de l'environnement* versus *l'efficacité économique*. Alexandre, Bertrand et Heaven nous rappellent donc un contexte dans lequel il faut limiter globalement la demande de déplacements automobiles, alors que d'autres intervenants comme Raux & Tabourin mettent plus l'accent sur la juste évaluation de toutes les conséquences (les externalités) de la consommation sans forcément chercher une réduction de la demande. Toutefois, l'efficacité économique implique d'autres concepts, tels que les économies d'envergure et la diversification de l'offre mentionnés par Bouf & Crozet, ainsi que l'intégration des principes "pollueur-payeur" et "bénéficiaire-payeur" dans les grandes villes, discutés par Gendron. Gillen traite de la comptabilité des externalités destinée à donner des signaux non seulement aux usagers mais aussi aux investisseurs afin qu'ils évitent ainsi tant la congestion que la surcapacité. En fait, cette problématique en termes de stratégies d'investissement nous amène fréquemment à la question posée par Bonnafous : "à qui profite la recette" ? La réponse se trouve souvent dans le soutien à un transfert entre le mode voiture particulière et les transports collectifs, parallèlement aux investissements dans les équipements sujets à péage, comme le propose Papon et le démontre Madre dans ses considérations sur les effets distributifs. Cependant, certains auteurs citent la tendance historique des pouvoirs publics à considérer le péage comme une source de revenus non-hypothéqués aux transports, alors que plusieurs autres comme Jones & Harvey et Geffrin citent des sondages selon lesquels les usagers voient typiquement le péage comme "seulement une autre taxe".

Le colloque aborde en détail un deuxième thème transversal : les *modalités du péage*. Celles-ci portent bien plus que sur la diversité des applications du péage : routes, axes, zones, stationnement et permis de différents types. On trouve ici une autre opposition entre le *fonctionnement de l'accumulation de tarifications atomistiques dans un marché libre* versus la *tarification comme un élément d'un système d'intervention*. Bien que plusieurs auteurs soient opposés à une tarification atomistique en

raison de la concurrence déloyale qu'elle entraîne entre les municipalités d'une région (Des Rosiers), ou encore de son impact trop négatif sur les commerçants (Lafleur), on observe de nombreuses réticences envers les contrôles impliqués par un système d'intervention. Lafleur, ainsi que Alexandre et Studnicki-Gizbert, soulignent l'importance de l'échelle du système à laquelle le péage est appliqué : en effet, il est souvent important que le territoire considéré soit très étendu afin de ne pas offrir aux régions péri-métropolitaines un avantage qui provoquerait l'étalement urbain ; il faut aussi réaliser une planification intégrée des équipements urbains afin que des rationalités autres qu'économiques (esthétique, qualité de vie) soient intégrées. Pour leur part, Lewis et Lafleur considèrent aussi un système qui prend en compte la productivité de l'industrie liée au transport de marchandises et non seulement de personnes. Une classification des modalités de péage est présentée par Lee-Gosselin : il suggère qu'un système d'intervention englobe également les prix fixes (tels que les assurances, les permis et les taxes sur les véhicules), les taxes sur l'essence et les restrictions non-monétaires de la circulation. Lorsque l'on ajoute la possibilité d'une flexibilité temporelle de la tarification comme l'évoquent entre autres Garcia-Ramon, Larsen & Ramjerdi, il est évident que nous devons reconnaître avec Geffrin qu'"il n'y a pas un péage urbain mais des péages urbains".

Une troisième dimension de nos réflexions sur les péages urbains concerne ses impacts, la perception de ses impacts dans l'opinion et le contexte politique actuel de l'acceptabilité des péages. Selon Lewis et Lee-Gosselin, l'utilisateur de l'automobile aussi bien que les entreprises semblent très intéressés par la possibilité offerte, grâce au péage, d'augmenter la prévisibilité et la fiabilité des durées des trajets. Wachs et Gendron traitent de l'acceptabilité croissante des péages grâce à des politiques sur l'environnement local, mais Wachs nous met en garde contre de fortes résistances politiques potentielles auxquelles on se heurtera si l'industrie automobile et les groupes de pression présentent le péage comme une manière d'exclure les personnes les moins aisées des déplacements urbains. Il s'agit des problèmes de "feedback" au niveau de la société et de l'individu. Plusieurs auteurs, tel que Bonnaïfous, remarquent que les usagers-électeurs ne sont pas nécessairement susceptibles d'imaginer ce qu'on appelle le "paradoxe de Knight", à savoir qu'un contrôle idéal peut offrir une amélioration de la mobilité au moindre coût généralisé. Nos modèles d'impact dépendent souvent des hypothèses relatives à la stabilité des notions des individus, mais Leblanc s'interroge sur la stabilité de la notion la plus répandue, celle de la valeur du temps. Même si nous sommes confiants dans nos idées sur la rationalité économique des usagers, Angel, Guinchard (respectivement animateur et participant à la table ronde), et plusieurs chercheurs nous ont rappelé les perturbations possibles avec la notion de liberté de se déplacer. Cependant Roy, co-présidente de la table ronde, nous a invité à distinguer la liberté de se déplacer de celle de se déplacer *en voiture particulière*. Dans le même esprit, Bouvier a proposé à la table ronde que l'allocation de l'espace de voirie soit proportionnelle au nombre d'usagers plutôt qu'à celui des véhicules et que l'absence d'une telle allocation représente une sorte d'"équivalent-péage" imposée aux usagers du transport en commun.

Le colloque présente aussi des expériences de péage urbain et les débats publics qui les accompagnent, dans plusieurs pays : France, Espagne, Angleterre,

Norvège, Canada et États-Unis. Les exemples européens incluent des visions optimistes de la tarification des routes : l'exemple d'Oslo, discuté par Larsen et Ramjerdi et son application possible à Paris, évaluée par Meyère. Plusieurs auteurs mentionnent le cas de Lyon ; Raux & Tabourin concluent qu'un péage à Lyon est un choix avantageux s'il est combiné au développement des transports collectifs en site propre. Jones & Harvey présentent une tentative de hiérarchisation des réactions des usagers au péage en Angleterre selon l'existence ou non de niveaux élevés de services de transport public. Garcia-Ramon donne l'exemple d'un centre-ville historique, celui de Barcelone, où le système de contrôle de zone décourage la rotation des espaces de stationnement aux heures de congestion de la circulation.

En Amérique du Nord, on parle plutôt de potentialités que de réalisations de péage urbain. Bussière présente une vision prospective de Montréal confronté à une congestion croissante et, selon Bertrand, cette ville est arrivée à l'"heure du choix". La question du stationnement est actuellement au centre du débat nord-américain. Lafleur décrit le rejet d'un plan québécois ayant pour objet de taxer les stationnements commerciaux et d'entreprise dans les métropoles afin de venir en aide aux transports en commun confrontés à de sévères réductions des subventions accordées par le gouvernement central. Or, Bouvier a expliqué que le gouvernement du Québec coupera partiellement aussi les subventions aux espaces de stationnement de ses fonctionnaires. Sur la côte ouest nord-américaine, Heaver et Wachs présentent le contraste entre les régions de Vancouver et de Los Angeles. Vancouver, ayant résisté à la construction d'autoroutes urbaines, semble favorable à la restriction de l'automobile par le péage, mais la promotion des centres satellites a eu pour effet de subventionner les migrations alternantes à longue-distance. Los Angeles bénéficie d'un réseau autoroutier exceptionnel, mais elle se préoccupe d'un problème majeur de pollution de l'air qui l'a conduite à une réglementation croissante des déplacements automobiles aux heures de pointe ; là, les politiques qui permettent aux employeurs d'offrir à leur personnel des stationnements comme un bénéfice non imposé, sont considérées comme une barrière à cette réglementation de la circulation.

Le plan choisi pour ordonner les actes suit le programme du colloque. Les objectifs du péage sont surtout discutés à travers le premier thème sur le contexte de la congestion urbaine et de la crise de financement des transports. Les modalités de péage sont principalement abordées dans le deuxième thème sur la tarification et la récupération des externalités, mais les exemples internationaux se retrouvent un peu partout. Le troisième thème sur les réactions des usagers, et le quatrième sur les enjeux et l'acceptabilité du péage, concentrent la plupart des débats sur les impacts, la perception populaire de ces impacts et le contexte politique actuel. Enfin la table ronde aborde l'ensemble de ces dimensions. En conclusion de chacun de ces thèmes sont proposées de brèves synthèses des discussions lors du colloque.

**THEME 1**

**LA CONGESTION ET LA CRISE DU  
FINANCEMENT DES TRANSPORTS  
DANS LES VILLES : LES SOLUTIONS  
ENVISAGEES ET LEURS LIMITES**

# **SIMULATION DE LA DEMANDE DE TRANSPORT AUTOMOBILE DANS LA REGION METROPOLITAINE DE MONTREAL A L'HORIZON 2011**

**Yves Bussière**

**Professeur, INRS-Urbanisation, Université du Québec, Montréal**

(Nous remercions le Conseil de Recherches en Sciences Humaines du Canada pour son appui financier ainsi que S. Des Roches et N. Vachon de l'INRS-Urbanisation pour leur participation)

## **INTRODUCTION <sup>1</sup>**

La prédominance de l'automobile comme mode de transport dans la région métropolitaine de Montréal (RMM) est le fruit d'une longue évolution qui remonte au début du siècle. La propagation rapide du mode automobile dès son apparition est étroitement reliée à la forte expansion démographique ainsi que le mouvement de population et des emplois vers les banlieues qui tend à privilégier l'automobile comme mode de transport au détriment des transports en commun. Cette tendance se poursuit alors qu'on assiste à la stagnation des transports en commun et à la poursuite de la progression de l'automobile. Ceci s'explique en partie par la continuation de la tendance à la déconcentration urbaine ainsi que par le phénomène de vieillissement démographique.

La demande de transport des personnes est le résultat combiné d'une série de facteurs qui dépassent largement l'évolution générale de la population et dont les effets simultanés déterminent la demande: évolution générale de la population, modifications dans la structure d'âge, répartition de la population et des emplois sur le territoire, évolution du niveau de vie, changements dans la structure des ménages et dans les habitudes de vie, etc. A l'aide de deux scénarios démographiques (faible et fort), nous présenterons un certain nombre de simulations de la demande prévisible de déplacements pour les modes auto-conducteur et transports en commun, ces deux modes étant en situation de compétition. Nos simulations couvriront la région métropolitaine de Montréal (RMM), dont la population en 1986 était de 2.9 millions d'habitants. Pour faciliter l'analyse nous décomposerons le territoire de la RMM en deux grandes unités géographiques: d'une part, la Communauté urbaine de Montréal qui regroupe l'Ile de Montréal et l'Ile Bizard, que nous désignerons ici par Ile de Montréal pour simplifier et qui constituait 60% de la RMM, et d'autre part, les couronnes qui regroupent la couronne nord (Ile de Laval et reste de la couronne nord) et la couronne sud. Cette dichotomie Ile de Montréal-couronnes permet de distinguer de façon schématique la partie centrale de l'agglomération par rapport à la périphérie (voir carte de l'annexe 2).

---

<sup>1</sup>Ce texte est une synthèse de deux articles publiés précédemment par l'auteur (Bussière, 1990 et 1989b) mis à jour et largement remaniés.

Nous présenterons d'abord un aperçu des tendances passées de l'évolution de la demande automobile. Nous présenterons ensuite les résultats des simulations. Une première série de scénarios à comportements constants nous permettra de dégager quelques tendances lourdes en matière de demande de transport des personnes à l'horizon 2011 dans la RMM, notamment l'impact négatif du vieillissement démographique sur la demande de transport en commun. Une seconde série de scénarios à comportements variables nous permettra de faire une analyse de sensibilité des principales variables pouvant influencer grandement sur la demande future, notamment le taux d'activité des femmes et les modifications dans le choix de modes.

## TENDANCES OBSERVEES DANS LA DEMANDE DE DEPLACEMENTS AUTOMOBILE DANS LA RMM

### Avant l'automobile, prédominance du réseau ferré

Montréal vit l'apparition des premières voitures sur voies ferrées traînées par des attelages de chevaux pour le transport urbain en 1861. L'arrivée du tramway en 1891 allait réduire considérablement les temps de déplacements et, dans un contexte de forte croissance démographique et de hausse du niveau de vie, elle facilitera l'expansion territoriale de la ville. Ainsi, on a vu le réseau passer de 10km en 1861 à 50km en 1889. L'extension du réseau s'est ensuite accélérée. En 1910 le réseau atteindra 368km et un achalandage de 107,241,406 (tableau 1). Cette période est donc marquée par une forte croissance démographique et une augmentation encore plus importante des déplacements par les transports en commun: alors que la population passe de 100,000 habitants en 1861 à 600,000 en 1910, l'achalandage passe de 1 million de passagers en 1861 à un peu plus de 107 millions en 1910. Cela représente une progression phénoménale de l'achalandage par habitant, qui passe de 10 déplacements annuels en 1861 à 179 en 1910. Cette évolution reflète une situation de réponse de la demande à une nette amélioration de l'offre de transport pour un mode.

Une comparaison de l'achalandage de 1910 avec l'achalandage actuel dans la RMM nous donne une idée de l'importance des transports en commun de l'époque. Ainsi, les 366.2 millions de déplacements effectués par la STCUM en 1987 (STCUM, 1988) représentent 125 déplacements annuels en transports en commun par personne. Il s'agit donc d'une baisse de 30 % de l'achalandage par habitant par rapport à 1910, en dépit de l'extension considérable du réseau.

### Apparition de l'automobile

Un nouveau mode de transport, l'automobile individuelle fera son apparition à Montréal en 1899, cette "voiture sans cheval, mue par la gasoline" (Dagenais, 1982: 68). Nous assisterons à un nouvel exemple où l'on observe d'importantes modifications de la demande suite à des changements dans l'offre de transport. Dès lors le mode automobile progressera au détriment des transports collectifs. En 1910, quelque 786 automobiles circulaient dans l'ensemble du Québec, ce qui représente 39 automobiles pour 100,000 habitants. Par la suite, la progression du nombre d'automobiles a été fulgurante comme on peut le voir au tableau 2 pour l'Île de Montréal. En 1931, Montréal comptait déjà environ 62,350 automobiles, soit 6.2 pour 100 habi-

tants. Cette motorisation s'est poursuivie pendant la crise des années '30, mais à un rythme décroissant. En 1951, l'Île de Montréal comptait près d'un demi million d'automobiles, ce qui représentait 11.2 véhicules pour 100 habitants. Au cours de l'après-guerre, période de prospérité économique et de forte croissance démographique et d'expansion des banlieues, l'automobile reprendra son ascension.

**Tableau 1: Evolution du réseau ferré et de l'achalandage et évolution de la population de l'Île de Montréal et de ses banlieues 1861-1910, années sélectionnées.**

Année	population	longueur du réseau	passagers	déplacements/habitant***
1861	101,439	10 km	1,063,845	10
1889	**(245,000)	50 km	8,000,000	33
1910	600,000	368 km	107,241,406	179

\*\*approximation par interpolation; \*\*\*chaque passager correspond à un déplacement. Notons ici l'électrification des tramways en 1891. Source: J.-P. Dagenais (1982:100 et 101).

**Tableau 2: Evolution de la population et estimation du parc automobile sur l'Île de Montréal, 1911-1951**

Année	population	var%	nb. d'autos**	var%	autos/hab	var%
1911	554,761	-	217	-	.0004	-
1921	724,205	31	12,753	5777	.0176	4300
1931	1,003,868	39	62,350	389	.0621	253
1941	1,116,800	12	78,958	26	.0707	14
1951	1,320,232	18	148,180	88	.1122	59

\*Source: Bureau Fédéral de la Statistique (1963). Recensement du Canada, 1961, cat. 92-539.

\*\* Estimation en appliquant les ratios par habitant de l'ensemble du Québec. Estimations tirées de Bussière (1989b).

### L'après-guerre et l'explosion des banlieues

Au cours de l'après-guerre, la hausse de la natalité, les niveaux élevés d'immigration internationale ainsi que l'exode rural ont alimenté la forte croissance démographique de la RMM. De 1951 à 1971 la population de la RMM augmentait de 78%, celle de l'Île de Montréal, de 48%, et celle des couronnes de 258%. Cette période a donc surtout été marquée par une expansion sans précédent des banlieues: les couronnes nord et sud de la RMM sont passées de 219,000 habitants en 1951 à 413,000 habitants en 1971 (tableau 3). On assiste au cours de cette période à un étalement de la population sur le territoire. Après 1971 la population de la RMM commencera à plafonner et l'Île de Montréal connaîtra une perte de population, surtout de 1971 à 1981, tendance qui s'atténuera par la suite, de 1981 à 1986, alors que l'expansion des banlieues se poursuit, mais à un rythme décroissant. En 1986 la population des couronnes nord et sud atteint 1,169,000 soit 40% du total de la population de la RMM, comparativement à 14% en 1951. Sur l'ensemble de la période 1951-1986, cela représente une augmentation de 434% comparativement à seulement 33% pour l'Île de Montréal. Cette évolution est reliée à la forte motorisation observée au cours de la période.

Tableau 3: Evolution démographique de la région métropolitaine de Montréal 1951-1986\*

Secteurs	Volume ('000)					
	1951	1961	1971	1976	1981	1986
Couronne nord	80	209	372	431	499	563
Couronne sud	139	258	413	512	577	606
Couronnes	219	467	785	943	1,076	1,169
Ile de Montréal	1,320	1,747	1,959	1,869	1,760	1,753
Total RMM	1,539	2,214	2,744	2,812	2,836	2,921

Taux de variation

Période	taux globaux			taux annuels		
	Ile	couronnes	RMM	Ile	Couronnes	RMM
1951-1971	48%	258%	48%	2.0	6.6	2.7
1971-1986	-10.5%	49%	6.4%	-2.2	2.0	1.2
1951-1986	33%	434%	90%	0.8	4.9	1.9

\* Sources: 1951 à 1976: Calculé d'après Daniel Latouche (1980:125); 1981 et 1986: recensements.

Mobilité et choix de mode

Si l'on se penche sur une période plus récente, la période 1970 à 1987 pour laquelle des données des enquêtes origine-destination pour la région de Montréal sont disponibles<sup>2</sup>, on constate une forte motorisation. L'augmentation du nombre d'automobiles a été de 37%. Ceci ne représente cependant qu'une partie du phénomène. Le nombre de déplacements en automobile par habitant est passé de .36 à .67. Cette augmentation de 85% est nettement supérieure à celle de la mobilité<sup>3</sup> générale qui passait de .88 à 1.24 (+ 41%). Au cours de la même période, la population de la RMM diminuait de 19% (tableau 4).

La progression de l'automobile est beaucoup plus forte dans les couronnes que sur l'Ile. Sur l'Ile de Montréal, de 1970 à 1987, les déplacements en automobile augmentent de 67% alors que dans les couronnes l'augmentation est de 228%. La progression des banlieues a donc eu pour effet d'augmenter sensiblement non seulement le nombre d'automobiles mais également son utilisation. La part des couronnes dans le phénomène de motorisation de la RMM au cours de cette période a été importante: de 1970 à 1987 ces dernières expliquent 66% de l'augmentation du nombre d'automobiles, 59% de l'augmentation des déplacements automobile et 61% de l'augmentation des déplacements totaux alors que la part des couronnes dans la population de la RMM n'était que de 28.6% en 1971 et de 39.4% en 1986 (tableau 5).

<sup>2</sup> Enquêtes de la Commission de Transport de la CUM de 1970, 1978 et 1987, devenue ensuite la Société de Transport de la CUM pour l'enquête de 1987. Nous remercions la STCUM de nous avoir fourni les données de ces différentes enquêtes.

<sup>3</sup> La "mobilité", soit le nombre de déplacements par habitant, ne retient ici que les déplacements unidirectionnels en excluant les retours au domicile.

Tableau 4: Indicateurs de population et de motorisation dans la RMM, en distinguant l'Ile de Montréal et les couronnes, 1970-1987

	1970*	1987	var.70-87 (%)
Ile de Montréal			
Population	1,945,087	1,752,258	-9.9
Nb. autos	472,960	650,089	37.5
Dépl.totaux (5 ans et +)**	1,708,764	2,175,859	27.3
Dépl. auto	700,103	1,169,369	67.0
D.totaux/pers.	.8785	1.2417	41.3
D.auto/pers.	.3599	.6673	85.4
Autos/logis	.7962	.8800	10.5
Autos/pers.	.2432	.3710	52.5
Couronnes			
Population	785,000	1,178,015	50.1
Nb. autos	218,073	560,289	156.9
Dépl.totaux (5 ans et +)	665,523	1,409,118	118.8
Dépl. auto	298,614	980,735	228.4
D.totaux/pers.	.8478	1.1962	41.1
D.auto/pers.	.3804	.8325	118.8
Autos/logis	1.1010	1.3899	26.2
Autos/pers.	.2778	.4756	71.2
Total RMM***			
Population	2,730,087	2,930,273	7.3
Nb. autos	691,033	1,210,378	75.2
Dépl.totaux (5 ans et +)	2,374,287	3,584,977	51.0
Dépl. auto	998,717	2,150,104	115.3
D.tot./pers	.8696	1.2234	40.7
D.auto/pers	.3658	.7338	101.4
Autos/logis	.8724	1.0600	21.5
Autos/pers.	.2531	.4131	63.3

\* Comme le territoire de l'enquête Origine-Destination était plus petit en 1970, les couronnes ne couvrant pas la couronne nord (Laval et reste de la couronne nord), les volumes de 1970 pour les couronnes ont été estimés à partir des ratios tirés de l'enquête O-D de la couronne sud appliqués à la population des deux couronnes du recensement de 1971 de la RMM. \*\* Tous les déplacements analysés dans ce tableau sont unidirectionnels, c'est-à-dire excluant le retour au domicile qui compte environ 48% des déplacements. \*\*\* 1970 = données de l'Ile de Montréal selon l'O-D 1970 plus estimation de la couronne de 1970. Source: CTCUM et STCUM, Enquêtes origine-destination. Tiré de Bussière (1989b) avec mise à jour pour 1986.



**Tableau 5: Poids des grandes zones en 1970 et en 1987 et dans la variation de la population et des déplacements (unidirectionnels) dans la RMM, 1970-1987**

	poids		variations		
	1970	1987	Couronnes	RMM	Cour/RMM
Population	29%	40%	333,015	200,186	50.9 %
Déplacements totaux	28%	39%	743,595	1,210,690	61.4 %
Nombre d'autos	32%	46%	342,216	519,345	65.9 %
Déplacements auto	30%	46%	682,121	1,151,387	59.2 %

Source: Calculé à partir des données du tableau 4.

## LE MODELE DE PROJECTION DE LA DEMANDE DE TRANSPORT

Le modèle de projection utilisé ici applique des comportements de transport à des populations futures, à partir de projections démographiques exogènes au modèle. Toutes les projections présentées ici sont faites à partir du lieu de domicile. Les comportements de transport sont schématisés en deux composantes, la mobilité, c'est-à-dire le nombre de déplacements par personne, et le choix de mode. Par rapport au modèle développé dans Bussière (1990), la présente version a été affinée à l'aide d'une ventilation des déplacements par buts (travail, étude, autres), ce qui facilite la confection de scénarios de changements de comportement, notamment pour l'introduction d'hypothèses relatives à l'évolution du taux d'activité des femmes.

On peut schématiser la relation entre démographie et comportements de transport à l'aide des deux relations suivantes:

- (1) Demande de transport = f [population, comportements de transport]
- (2) Comportements de transport = f [mobilité, choix de mode]

On obtient :

Demande de transport = f [population, mobilité, choix de mode]

Si l'on pose que:

- D = demande de transport (nombre de déplacements)
- P = population
- a = groupe d'âge (16)
- m = mode de transport (11)
- r = région ou zone (10)
- s = sexe (2)
- b = buts (3)
- t = année de base (1986: population; 1987: données de transport)
- t+n = années projetées

Les relations précédentes peuvent s'exprimer sous forme d'équations (voir notamment Bussière et autres, printemps 1987). Ainsi, la demande totale de transport d'un groupe d'âge "a" pour un mode "m" au temps "t+n" est égale à:

$$D_{am}^{t+n} = P_a^{t+n} \times \frac{D_a^t}{P_a^t} \times \frac{D_{am}^t}{D_a^t}$$

$$= P_a^{t+n} \times \frac{D_{am}^t}{P_a^t}$$

Pour une décomposition de la demande par âge, par mode, par région, par sexe, et par but on obtient la demande globale en faisant la sommation (S) des demandes désagrégées.

On obtient:

$$D_a^{t+n} = S_{a=1}^{16} S_{m=1}^{11} S_{r=1}^{10} S_{s=1}^2 S_{b=1}^3 D_{a,m,r,s,b}^{t+n}$$

Par ailleurs, au niveau des hypothèses concernant les habitudes futures en matière de transport on peut soit les supposer stables pour permettre d'isoler les composantes démographiques dans l'évolution de la demande, soit supposer certaines modifications dans la mobilité et dans les choix de modes pour calibrer les paramètres du modèle afin de faire des simulations. Avant de passer aux résultats des projections, analysons d'abord les principales composantes du modèle.

## DONNEES UTILISEES

Deux types de données sont utilisées dans le modèle: des données de comportement de transport et des données de population. Les données de transport proviennent de l'enquête origine-destination réalisée par la Société de transport de la communauté urbaine de Montréal (STCUM) à l'automne 1987. Cette enquête effectuée par sondage téléphonique auprès des ménages (53,383 questionnaires complétés) est représentative des déplacements de semaine (STCUM, avril 1989). Les données observées de population proviennent des divers recensements et les projections démographiques spatialisées ont été réalisées par Jacques Ledent de l'INRS-Urbanisation.

### Données de comportement de transport

#### Effet de l'âge

L'analyse des données de comportement de transport d'après l'enquête origine-destination de 1987 indique qu'il existe un lien étroit entre la structure par âge et la demande de transport. Schématiquement, on pourrait dire que les jeunes, les personnes d'âge actif et les personnes âgées ont des comportements de transport distincts. En effet, l'âge reflète largement le cycle de vie et les habitudes de transport qui en résultent. Cette relation a pu être observée lors des enquêtes O-D précédentes (Bussière, 1990).

Comme les personnes âgées ont généralement des taux d'utilisation élevés pour les transports en commun, on peut être tenté de transposer cette constatation en termes de demande de transport et d'associer le vieillissement de la population à une hausse de la demande pour les transports en commun. Cette hypothèse serait vraie

dans un contexte où l'augmentation du nombre de personnes âgées s'accompagnerait d'une hausse du nombre de jeunes. Or, il n'en est rien. On assistera au cours des prochaines années à une diminution du nombre de jeunes. La demande de transport en commun subira par conséquent des pressions à la baisse attribuables au fait que la mobilité des jeunes est élevée. En effet, la mobilité nettement plus faible des personnes âgées n'est pas contrebalancée par leurs taux élevés d'utilisation des transports en commun, ce qui aura pour effet net que l'accroissement de la demande des personnes âgées attribuable à l'augmentation de leur nombre ne sera pas suffisante pour compenser la diminution de la demande du nombre de jeunes. La demande de transport pour un mode est donc l'effet combiné de la mobilité et du choix de mode par groupes d'âge. La prise en compte de ces deux facteurs est essentielle pour pouvoir prévoir de manière adéquate la demande future.

La mobilité générale par habitant en 1987 était de 1,22 déplacement pour l'ensemble de la région métropolitaine de Montréal. Elle était cependant beaucoup plus élevée chez les jeunes que chez les personnes plus âgées. Elle atteint un sommet à 30-34 ans pour décliner par la suite progressivement avec l'âge. A titre d'exemple, notons qu'elle était de 1,30 pour les personnes de 20-24 ans comparativement à 0,77 pour les 65-69 ans. La mobilité en période de pointe du matin (départs entre 6 et 9 heures<sup>4</sup>) indique une démarcation encore plus grande entre les jeunes et les autres groupes d'âge (graphique 1). Ainsi on observe qu'elle est à son maximum chez les 5 à 19 ans; elle se stabilise de 20 à 49 ans; après 50 ans, elle diminue ensuite progressivement. On doit donc s'attendre à ce qu'en pointe du matin l'impact de la diminution du nombre de jeunes sur la demande soit encore plus marqué que sur les déplacements 24 heures.

Les choix de modes sont très reliés à l'âge comme on peut le voir au graphique 2 pour les déplacements en transport en commun et auto-conducteur. Ce graphique présente seulement les taux pour les déplacements 24 heures, les déplacements en pointe du matin présentant un pattern quasiment identique. Les taux d'utilisation des transports en commun chez les jeunes dépassent de beaucoup ceux des personnes âgées: en 1987 ils atteignaient 46% chez les 15-19 ans alors qu'ils varient entre 22 % et 30 % chez les cohortes de 65 ans et plus. Le résultat combiné des différences de mobilité et de choix de mode par âge fait en sorte qu'en 1987, 44 % des usagers des transports en commun dans la RMM étaient âgés entre 15 et 29 ans alors qu'ils ne constituaient que 26 % de la population, comparativement aux personnes âgées de 65 ans et plus qui constituaient 10 % de la population mais seulement 7,7% des usagers.

Ces différentes habitudes en matière de déplacements et de choix de mode auront donc un impact considérable sur la demande de transport par mode et la hausse future des cohortes d'âges actifs annonce une hausse de la demande automobile. Les personnes d'âge actif ont une mobilité relativement élevée et sont en général de gros utilisateurs de l'automobile dès 20 ans, âge auquel l'auto commence à concurrencer sérieusement les transports en commun. Après l'âge de 25 ans, l'auto domine nettement dans les habitudes de transport et compte en moyenne pour 57 % des déplace-

<sup>4</sup>Dans nos travaux antérieurs nous retenions la période de 7 à 9 heures du matin. Compte tenu de l'allongement de la période de pointe nous retenons ici la période 6 à 9.

ments, cette proportion atteignant un maximum entre 40-44 ans pour ne retrouver un taux d'utilisation inférieur à celui des transports en commun que vers l'âge de 75 ans!

### Effet spatial<sup>5</sup>

La mobilité peut varier considérablement selon le lieu de résidence de la population (Bussière et al., juillet 1985, p.22), mais sans que l'on puisse parler d'une opposition centre-périphérie puisque la mobilité sur l'Ile de Montréal dans son ensemble est à peine plus faible que dans les couronnes (1,22 contre 1,25 déplacements unidirectionnels quotidiens par personne)<sup>6</sup>.

Toutefois, c'est dans les choix de modes que l'on retrouve des différences plus importantes. On constate en effet que les déplacements par les transports en commun comptaient pour 27% des déplacements des résidents de l'Ile de Montréal comparativement à seulement 9 % chez ceux des couronnes. Pour le transport automobile, on observe l'inverse: 40% des déplacements des résidents de l'Ile sont de type auto-conducteur comparativement à 53% pour les couronnes. A un niveau spatial plus détaillé les différences sont encore plus grandes (Bussière, 1990). Par conséquent, le type de développement urbain que nous connaissons au cours des prochaines années et conséquemment la répartition de la population sur le territoire auront un impact significatif sur la demande future de transport des personnes.

Tableau 6: Mobilité (D/P) par âge, et taux d'utilisation des principaux modes de transport, déplacements unidirectionnels 24 heures, RMM, 1987

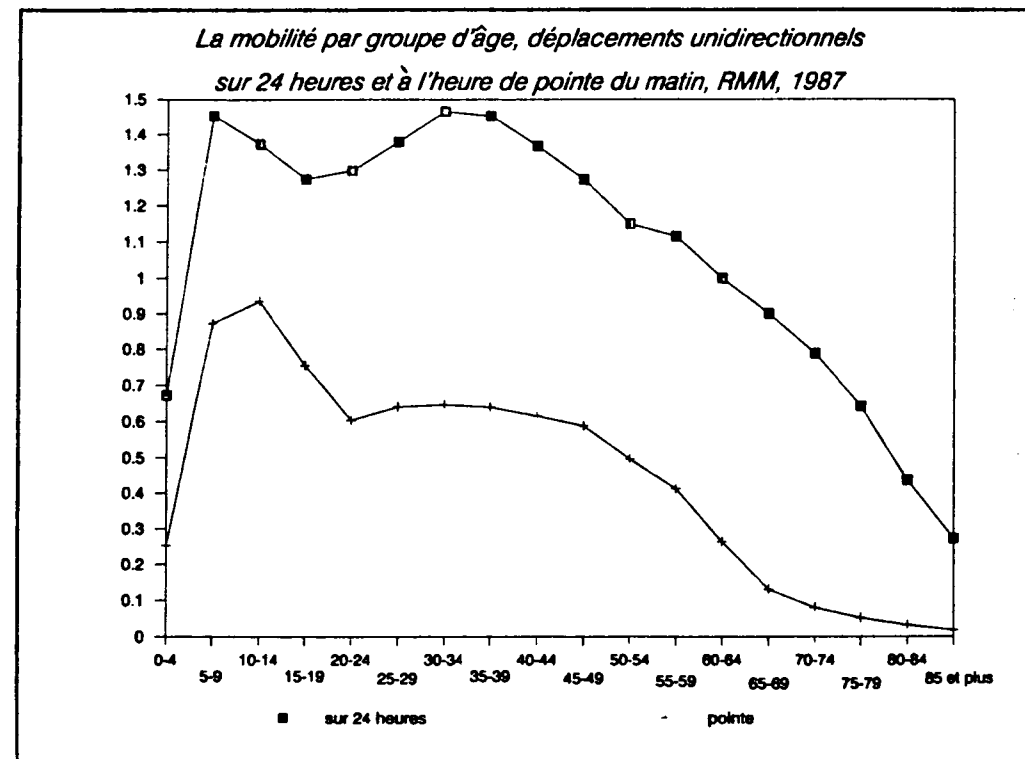
Unité spatiale	D/P	TC	Auto-cond.	Auto-pass.	Auto total	Autres modes*
Couronne nord	1.24	7.1	54.5	18.0	72.5	20.4
Couronne sud	1.25	10.6	51.2	17.0	68.2	21.2
Couronnes	1.25	8.9	52.7	17.5	70.2	20.8
Ile de Montréal	1.22	27.2	39.8	13.3	53.1	19.7
RMM	1.23	19.8	45.0	15.0	60.0	20.2

Source: déplacements, y compris ceux de la population de 0-4 ans et des écoliers le midi, calculé d'après STCUM, O-D 1987 et recensements. - \*Les autres modes regroupent: autobus scolaire, autres autobus, taxi, à vélo et à pied.

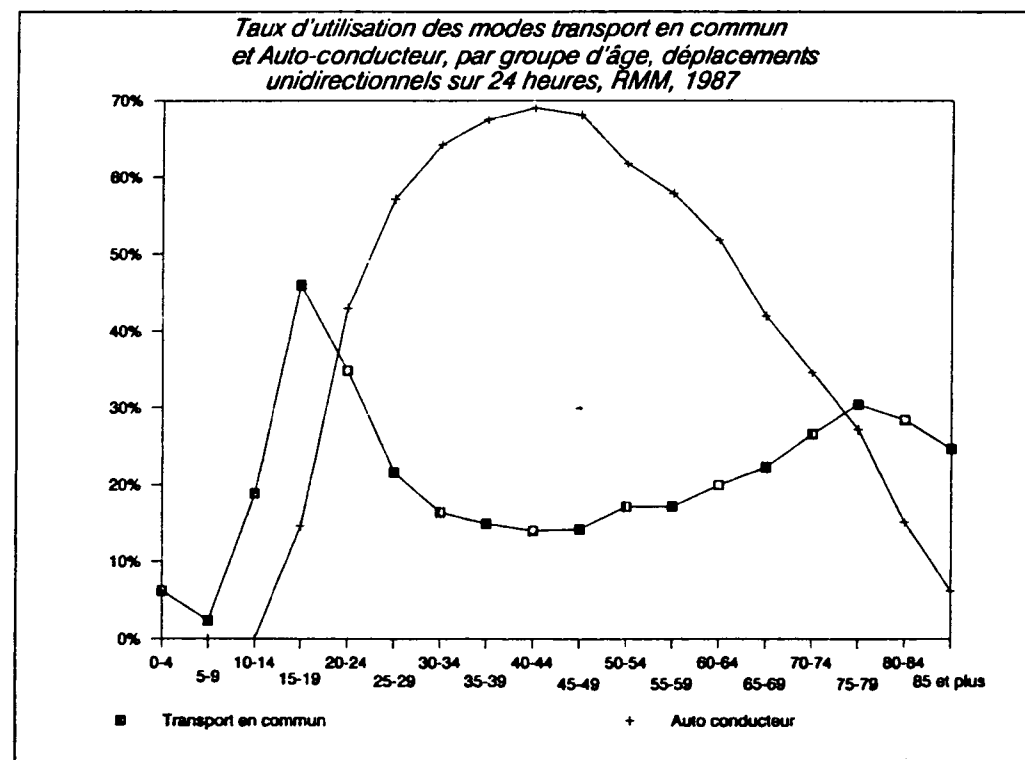
<sup>5</sup>Basé sur une décomposition de la population en 10 zones, définition territoriale de 1986 présentée dans l'annexe 1. La projection démographique pour la CUM-est, pour des raisons techniques, exclut Point-aux-Trembles et Rivière-des-Prairies alors que les données de comportements de transport basées sur le découpage de 1971 les inclut, ce qui devrait entraîner un biais marginal par rapport à l'ensemble des résultats.

<sup>6</sup>Les différences observées par rapport à 1982 ainsi que par rapport aux données du tableau 4 est attribuable au fait que nous avons tenu compte ici de tous les déplacements de 1987, y compris les déplacements des écoliers le midi ainsi que des déplacements des 0-4 ans, ce qui augmente la mobilité des couronnes par rapport au centre. Ces déplacements (0-4 ans et écoliers le midi) ont dû être éliminés dans le tableau 4 pour permettre la comparaison avec les données de 1970, année pour laquelle l'enquête O-D excluait alors ces déplacements.

Graphique 1



Graphique 2



## SITUATION DEMOGRAPHIQUE ACTUELLE ET PROJETEE

## Situation actuelle

La répartition spatiale de la population est également un facteur important dans l'évolution de la demande de transport puisque la structure par âge est très variable sur le territoire de la RMM. En 1986, dans l'ensemble de la RMM, la proportion des 0-14 ans était de 18.6% et celle des 65 ans et plus de 10,2 % (tableau 7). Sur l'Ile de Montréal la proportion des 0-14 ans était plus faible (15.8%) et celle des 65 ans et plus nettement plus élevée (12.8%). Dans les couronnes on observe le phénomène inverse: beaucoup plus de jeunes (22.9% de 0-14 ans) et un vieillissement nettement moins prononcé (6.4% de 65 ans et plus). Le vieillissement est donc sensiblement plus fort sur l'Ile de Montréal que dans les couronnes. On peut donc s'attendre à ce que ces différentes structures d'âge sur le territoire aient un impact important sur la demande de transport.

Tableau 7: Population totale et répartition par groupes d'âge, RMM et ses sous-régions, 1986

	Volume	%	0-14	15-64	65+
Couronne nord	563,178	19.3	22.8	71.0	6.3
Couronne sud	605,597	20.7	22.9	70.6	6.5
Couronnes	1,168,775	40.0	22.8	70.8	6.4
Ile de Montréal	1,752,586	60.0	15.8	71.4	12.8
RMM	2,921,361	100.0	18.6	71.2	10.2

Source: Recensement de 1986 tiré d'une compilation spéciale faite par J. Ledent.

## Situation projetée

Pour alimenter nos projections de demande de transport nous avons besoin non seulement de données de comportement de transport mais également de données démographiques observées par sexe et par groupes d'âge quinquennaux. Les scénarios démographiques utilisés ont été réalisés par Jacques Ledent de l'INRS-Urbanisation. Le découpage spatial retenu est présenté dans l'annexe 2. Nos projections de demande de transport seront basées sur deux scénarios démographiques, un scénario fort (S1) et un scénario faible (S2)-(tableau 8). Les hypothèses des deux scénarios sont détaillées à l'annexe 1. Les deux scénarios supposent des taux de fécondité et de mortalité semblables à ceux utilisés par le Bureau de la Statistique du Québec dans ses projections qui ont suivi le recensement de 1986 (BSQ, 1988). Ils diffèrent par les hypothèses migratoires: dans le scénario faible, les comportements migratoires sont supposés identiques à ceux de 1981-1986. Dans le scénario fort, l'immigration internationale est doublée par rapport à celle du scénario précédent. Les deux scénarios projettent les mouvements migratoires internes de la période 1981-1986, ce qui revient à supposer une expansion des banlieues moins rapide qu'au cours des périodes précédentes.

Sur l'ensemble de la période, le scénario faible donne une croissance totale de la population de 4.0%, croissance attribuable à la hausse des couronnes (+11.7%) et à la

relative stabilité de la population de l'Île de Montréal (-1.1%) -(tableau 9). Le rythme de croissance diminue cependant de 1986 à 2001 et la dernière période quinquennale connaît une baisse de population. Dans le scénario faible, le poids de l'Île de Montréal dans la RMM passe de 60.0% en 1986 à 57.0% en 2011. De plus, le vieillissement projeté est très variable d'une zone à l'autre. En 2011 la population âgée de 65 ans et plus atteindrait 16.1% de la population de la RMM comparativement à 17.6% sur l'Île de Montréal et 14.2% dans les couronnes. Le phénomène du vieillissement sera donc plus important sur l'Île que dans les couronnes mais il est important de noter que le rythme de croissance des 65 ans et plus sera nettement plus élevé dans les couronnes: +7.8 points de pourcentage comparativement à +4.8 pour l'Île (tableau 10).

Dans le scénario fort, on suppose une immigration internationale doublée, ce qui donne un taux de croissance pour la période 1986-2011 de 14.9%. L'Île de Montréal croîtrait nettement plus dans un tel contexte démographique puisque les immigrants de première génération ont tendance à se concentrer sur l'Île, alors que les couronnes croîtraient légèrement plus (16.6 %). Cela aurait pour effet de maintenir le poids de l'Île de Montréal dans la région métropolitaine au cours de la période 1986-2011 (1986: 60.0%; 2011: 59.4%). Comme nous l'avons déjà mentionné, dans un scénario faible, le taux de croissance de la population âgée de 65 ans et plus pour la région métropolitaine de Montréal est de 64.1% pour la période 1986-2011. Pour la sous-période 1986-1991, la croissance est très élevée puis elle ralentit au cours des périodes suivantes pour finalement augmenter en 2006-2011 (tableau 8). Le vieillissement de la population est un des phénomènes marquants de l'évolution future de la population montréalaise. Comme on peut le voir à la lecture du tableau 10 la population de 65 ans et plus, qui était de 10.2% dans la RMM en 1986, pourrait atteindre 16.1 % en l'an 2011 (scénario S1).

**Tableau 8: Taux de croissance de la population totale, et par grands groupes d'âge, selon les deux scénarios démographiques, RMM, 1986-2011, en%**

	I	II	III	IV	V	Total
<b>population totale</b>						
S1	2.4	1.5	0.7	0.01	-0.6	4.0
S2	4.5	3.6	2.7	2.0	1.4	14.9
<b>population de 15-29 ans</b>						
S1	-11.1	-9.9	-9.7	-5.9	-5.6	-27.7
S2	-8.3	-7.3	-0.95	0.5	-3.2	-18.1
<b>population de 65 ans et plus</b>						
S1	15.1	12.6	8.2	6.4	9.8	64.1
S2	16.2	13.8	9.3	7.6	10.7	72.2

(\*) I:86-91; II:91-96; III:96-2001; IV:2001-2006; V:2006-2011; Total: 86-2011.

Une analyse plus détaillée de l'évolution projetée de la population par groupes d'âge quinquennaux permet de mieux comprendre l'effet de l'après baby-boom sur la pyramide des âges. De ce fait, comme on peut le voir au tableau 8, la population âgée de 15 à 29 ans diminue de 27.7% entre 1986 et 2011 dans le scénario faible. Selon l'enquête origine-destination de la STCUM, le groupe d'âge 15-29 ans constituait en 1987 44% de la clientèle des transports en commun contre seulement 7.7 % pour les personnes âgées de 65 ans et plus, on doit s'attendre à ce que les modifications anti-

cipées dans la pyramide des âges ait un impact négatif sur la demande future de transport en commun. Dans le cas du scénario fort on observe un phénomène analogue, bien que atténué par une croissance générale plus forte.

**Tableau 9: Taux de croissance projetés de la population de la RMM par zone selon les deux scénarios démographiques, 1986-2011, en %**

Zone\Scénario	faible	fort
<i>Couronne nord</i>	17.7	22.0
<i>Couronne sud</i>	6.1	11.6
Couronnes	11.7	16.6
Île de Montréal	-1.1	13.8
RMM	4.0	14.9

Source: J. Ledent, INRS-Urbanisation.

**Tableau 10: Evolution de la structure de la population, RMM, selon les deux scénarios démographiques, 1986 et 2011, en %**

	0-14	15-64	65 et +
<b>1986 (année de départ)</b>			
<i>Couronne nord</i>	22.8	70.98	6.2
<i>Couronne sud</i>	22.9	70.61	6.5
Couronnes	22.8	70.79	6.4
Île de Montréal	15.8	71.43	12.8
RMM	18.6	71.17	10.2
<b>2011 (scénario faible)</b>			
<i>Couronne nord</i>	15.2	70.9	13.9
<i>Couronne sud</i>	14.8	70.7	14.5
Couronnes	15.0	70.8	14.2
Île de Montréal	12.9	69.6	17.6
RMM	13.8	70.1	16.1
<b>2011 (scénario fort)</b>			
<i>Couronne nord</i>	18.6	71.4	9.9
<i>Couronne sud</i>	18.3	71.6	10.1
Couronnes	15.2	70.8	13.9
Île de Montréal	13.4	70.3	16.2
RMM	14.2	70.6	15.3

Sources: Recensement de 1986 et projections de J. Ledent (INRS-Urbanisation).

## RESULTATS A COMPORTEMENTS CONSTANTS DE 1987

Pour nous permettre d'isoler l'impact de l'évolution démographique anticipée sur la demande de transport nous avons supposé une offre constante de transport et des habitudes inchangées en matière de transport. Même si les projections de la demande seront présentées de façon relativement agrégée, elles sont le résultat de projections réalisées à un niveau désagrégé (16 groupes d'âge, 10 zones). Par ailleurs, ces

projections ont été réalisées tant pour les déplacements faits dans l'ensemble de la journée (déplacements 24 heures) que pour ceux effectués pendant la pointe matinale (départs du domicile effectués entre 6 et 9 heures). La pointe du matin, plus concentrée que celle de l'après-midi surtout à cause du déplacement des écoliers et des étudiants, donne une mesure de la demande en période de congestion. Nous avons limité ici l'analyse aux catégories modales suivantes: total transports en commun (TC)<sup>7</sup>, auto-conducteur et "tous modes" qui regroupe l'ensemble des déplacements, y compris les déplacements à pied.

#### Projection selon le scénario démographique faible

##### Déplacements 24 heures

Le premier scénario avec sa faible croissance pour la période 1986-2011, et un étalement de la population sur le territoire à peu près stoppé, permet de mesurer essentiellement l'effet du vieillissement sur la demande par modes. Globalement pour tous les modes, ce qui correspond à la mobilité générale, on obtient une faible baisse des déplacements (-1.0%), reflétant ainsi une légère baisse de la mobilité attribuable au vieillissement démographique (compte tenu de la croissance globale de la population de 4.0 %). Par sous-périodes, on observe une légère augmentation des déplacements avant 2001 et une diminution par la suite. Les résultats par modes indiquent que les déplacements en transports en commun baissent dans chacune des sous-périodes, ce qui donne au total une diminution de 7.1 % pour la période 1986-2011. La baisse plus prononcée au cours des premières sous-périodes est attribuable essentiellement à la forte diminution des cohortes d'âge situées entre 15 et 29 ans (tableau 8). Pour les mêmes raisons les déplacements auto-conducteur augmentent davantage avant 2001 alors que les moins de trente ans passent aux cohortes d'âge supérieures (30-45 ans) cohortes pour lesquelles le taux d'utilisation de l'automobile est très élevé. Après 2001, les déplacements auto-conducteur augmentent faiblement et diminuent ensuite, ce qui donne au total une augmentation nette de 6.4% pour l'ensemble de la période étudiée. A comportements constants, le vieillissement joue donc en défaveur des transports en commun et après l'an 2001, il atténue la progression de l'automobile. La hausse de la demande pour les transports en commun est dans tous les cas nettement inférieure à la croissance de la population totale.

<sup>7</sup>Comprend la STCUM qui dessert le territoire de la CUM et les autres commissions de transport qui desservent le reste de la RMM. Dans le calcul la priorité de mode a été affectée aux transports en commun, c'est-à-dire que lorsque le mode transport en commun était utilisé en combinaison avec un autre mode, il était comptabilisé dans le mode transport en commun. Ceci aurait donc tendance à sous-estimer les déplacements automobile.

**Tableau 11: Taux de croissance projetés de la demande de transport par modes, RMM: 1986-2011, par sous-périodes, en %**

Comportements constants - période 24 heures -scénario démographique faible						
Modes\périodes*	I	II	III	IV	V	Total
TC	-2.4	-0.8	-0.5	-1.3	-2.3	-7.1
Auto cond.	4.8	2.6	0.9	-0.4	-1.5	6.4
Tous modes**	1.9	0.7	-0.4	-1.3	-1.9	-1.0

(\*) I:86-91; II:91-96; III:96-2001; IV:2001-2006; V:2006-2011; Total: 86-2011.

(\*\*) TC, Auto-cond., et ensemble des autres modes.

##### Déplacements en pointe matinale

Les déplacements sur 24 heures peuvent être un indice utile pour calculer la rentabilité éventuelle du système de transport mais les déplacements en pointe sont un meilleur indicateur de la capacité du système. Les diminutions projetées de la demande se trouvent fortement accentuées en période de pointe (tableau 12). Ainsi, dans le scénario faible, l'ensemble des déplacements de pointe diminueraient de 6.4 %. La baisse projetée augmente d'une sous-période à l'autre. Cette baisse est attribuable au fait que les déplacements des écoliers et des étudiants est plus fortement concentrée que celle des travailleurs pendant la pointe du matin. Cette diminution reflète donc la forte réduction du nombre de jeunes. Comme ceux-ci utilisent surtout les transports en commun, la perte de cette clientèle serait nettement accentuée (-10.5%). Les déplacements auto-conducteur augmenteraient très légèrement (3.4%). La hausse est moins forte que pour les déplacements 24 heures parce que c'est surtout hors-pointe que l'automobile gagne du terrain (déplacements loisirs, magasinage et autres).

**Tableau 12: Taux de croissance projetés de la demande de transport par modes, RMM: 1986-2011, par sous-périodes, en %.**

Comportements constants - pointe du matin - Scénario démographique faible						
Modes\périodes*	I	II	III	IV	V	Total
TC	-3.1	-1.1	-1.0	-2.1	-3.6	-10.5
Auto cond.	4.4	2.1	0.5	-1.0	-2.4	3.4
Tous modes	0.9	-0.04	-1.4	-2.6	-3.4	-6.4

(\*) I:86-91; II:91-96; III:96-2001; IV:2001-2006; V:2006-2011; Total: 86-2011.

##### Ile de Montréal et ses couronnes périphériques

Le scénario faible nous donnait en pointe une diminution de la demande TC de 10.5% dans l'hypothèse de comportements constants (tableau 12). On note cependant des différences importantes dans la croissance de la demande par modes entre l'Ile et les couronnes. Ce seront les zones qui connaîtront à la fois une combinaison de décroissance ou de faible croissance de la population et de fort vieillissement qui seront les plus touchées par la baisse des transports en commun. Ainsi, les couronnes nord

et sud verraient la demande TC diminuer respectivement de 3.6% et de 9.5%, comparativement à 11.4% pour l'Ile de Montréal (tableau 13). En ce qui a trait au mode auto-conducteur, l'augmentation globale de 3.4% en pointe pour la période 1986-2011 masque des différences par zone très grandes. Les taux observés varient entre une croissance de 14.1% pour la couronne nord et une diminution de 2.0% pour l'Ile de Montréal.

Le vieillissement, après avoir exercé des pressions à la baisse sur la demande pour les transports en commun d'ici l'an 2001, aura par la suite pour effet d'exercer des pressions à la baisse sur la demande automobile. Le vieillissement touchera alors davantage de cohortes d'âge supérieures pour lesquelles la mobilité a tendance à diminuer. Au-delà de 2011, à l'horizon 2026, quand la population de la RMM pourrait atteindre entre 20 et 25% de personnes âgées de 65 ans et plus (ce poids étant encore plus grand dans les zones centrales) cet impact pourrait être significatif et pourrait à la limite être vu comme un effet "bénéfique" de décongestion sur l'ensemble du système de transport.

**Tableau 13: Taux de croissance projetés de la demande de transport par modes par zones, par zones, RMM: 1986-2011, en %**

Comportements constants - pointe du matin - Scénario démographique faible		
Zone	TCr	Auto-Conducteur
<i>Couronne nord</i>	-3.6	14.1
<i>Couronne sud</i>	-9.5	3.9
Couronnes	-7.2	9.1
Ile de Montréal	-11.4	-2.0
RMM	-10.5	3.4

#### Projection selon le scénario démographique fort

Dans le scénario démographique fort, le niveau plus élevé de croissance de la population arriverait tout juste à enrayer la tendance à une érosion de la demande des transports en commun puisque la croissance globale de la population de 15.0% n'entraînerait qu'une hausse de 3.3% des transports en commun en pointe du matin. La demande auto-conducteur augmenterait de 14.3% en pointe du matin au lieu de 3.4% dans le scénario faible et de 17.2% pour les déplacements 24 heures au lieu de 6.4% dans le scénario faible. Une croissance de population liée à un accroissement de l'immigration internationale ne risque pas d'engendrer un changement dramatique dans la structure de la demande de transport dans la région métropolitaine de Montréal.

Parmi les points marquants, il faut noter que ce scénario fort pourrait signifier une croissance de la demande du transport en commun au lieu d'une décroissance comme le supposait le scénario faible. En ce qui a trait à la demande auto-conducteur, dans les couronnes périphériques la croissance serait un peu plus forte que dans le scénario faible tandis que sur l'Ile de Montréal au lieu d'une décroissance pour la période 1986-2011 il y aurait une croissance à peu près équivalente à celle des couronnes périphériques.

**Tableau 14: Taux de croissance projetés de la demande de transport par modes, par zones, RMM: 1986-2011, par sous-périodes, en %**

Comportements constants - scénario démographique fort		
DEPLACEMENTS 24 HEURES		
Zone	TC	Auto-Conducteur
<i>Couronne nord</i>	6.9	23.0
<i>Couronne sud</i>	1.7	14.9
Couronnes	3.7	18.9
Ile de Montréal	7.0	15.5
RMM	6.4	17.2
DEPLACEMENTS EN POINTE DU MATIN		
Zone	TC	Auto-Conducteur
<i>Couronne nord</i>	1.4	18.5
<i>Couronne sud</i>	-3.3	9.4
Couronnes	-1.4	14.1
Ile de Montréal	4.4	14.6
RMM	3.3	14.3

#### SCENARIOS A COMPORTEMENTS VARIABLES

Nous savons que les comportements évoluent et on pourrait imaginer une série de scénarios où les comportements des usagers changeraient au cours de la période. Nous présenterons quelques scénarios pour faire une analyse de sensibilité de certaines variables.

Pour simuler une situation où le taux d'activité des femmes augmenterait, nous avons traduit cette hypothèse en supposant une hausse du taux d'emploi des femmes. Ainsi, comme premier scénario à comportements variables, nous avons choisi de mesurer l'impact qu'entraînerait une hausse de 30% du taux d'emploi des femmes sur la demande générale de transport et sur la demande par modes? Le taux d'activité des femmes au Québec est passé de 47.3% en 1981 à 54.6% en 1990, ce qui représente une augmentation de 15% en 10 ans. Une hausse de 30% par rapport au niveau de 1987 qui était de l'ordre de 51% (50.2% en 1985) donnerait en 2011 un taux de 66.3%, ce qui représente un niveau seulement 8% supérieur au taux observé en 1990 en Ontario, la province voisine. L'hypothèse est donc vraisemblable d'autant plus que des taux supérieurs à ceux-ci ont déjà été observés dans certains pays comme la Suède où le taux de 1985 était de 78%.

Dans ce premier scénario nous supposons que les choix de mode des femmes demeurent inchangés - hypothèse visant à mesurer isolément l'impact d'une hausse du taux d'activité des femmes sur la demande en termes de volume global de voyageurs. Pour le deuxième scénario, en plus d'une hausse de 30 % du taux d'emploi des femmes, nous supposons que les choix de modes des femmes en 2011 seront identiques à ceux observés chez les hommes en 1987. Cette hypothèse simplificatrice a l'avantage d'être facile à interpréter. Elle vise à mesurer l'impact d'une augmentation du taux d'activité des femmes sur leurs comportements de transport, notam-



ment à cause de l'effet revenu. On observe déjà en 1987 que les femmes qui travaillent ont tendance à avoir un comportement de plus en plus semblable à celui des hommes (Séguin et Bussière, 1991). On devrait donc s'attendre à ce que une participation massive des femmes sur le marché du travail entraîne une quasi-disparition des différences de choix modaux par sexe.

#### Scénario: Hausse de 30 % du taux d'emploi des femmes, choix de mode constant

Rappelons que dans le scénario faible à comportements constants, la projection 1986-2011 de la demande de transport sur 24 heures donnait pour la RMM une baisse de 7.1% de la demande de transport en commun et une hausse de 6.4% de la demande auto-conducteur (tableau 11). Dans le scénario fort, on obtenait une croissance de 6.4% de la demande TC tandis que les déplacements auto-conducteur continuaient leur progression avec une croissance 17.2% (tableau 14).

Dans ce nouveau scénario à comportements variables, jumelé avec un croissance démographique faible (tableau 15), la croissance de la demande pour le transport en commun pour les déplacements 24 heures serait de 12.7 % tandis que celle pour l'auto-conducteur serait de 18.9%. Ceci voudrait dire que même dans le cas d'un scénario démographique faible, une croissance de 30 % du taux d'emploi des femmes sur le marché du travail aurait un impact très important sur la demande de transport en commun. Cependant, à l'heure de pointe, la demande pour le transport en commun resterait négative (-0.8%). La tendance à la baisse du transport collectif en période de pointe, reliée au vieillissement démographique est donc une tendance lourde, difficile à enrayer.

Dans le cas d'un scénario jumelé avec une croissance démographique forte, l'effet démographique ajouté au premier effet d'une hausse du taux d'emploi des femmes nous donne un taux de croissance de 14.4% de la demande du transport en commun et de 22.5% pour les déplacements auto-conducteur. Ce scénario nous indique que pour enrayer la tendance à la baisse du transport en commun, voire en augmenter l'achalandage, ces deux effets de croissance et de changements de hausse du taux d'emploi des femmes doivent jouer simultanément. Ce premier scénario est cependant très optimiste pour les transports collectifs car il l'on doit s'attendre à ce que l'augmentation du taux d'emploi des femmes amène chez elles des changements de comportements en termes de choix de modes de transport et que leur taux d'utilisation de l'automobile augmente au détriment des transports collectifs.

**Tableau 15: Taux de croissance projetés de la demande de transport par modes, par zones, RMM: 1986-2011, selon les deux scénario démographiques, en %**

**Scénario: accroissement de 30% du taux d'emploi des femmes et choix de mode des femmes constant**

SCENARIO FAIBLE		
Modes\périodes	24 h	pointe
TC	12.7	-0.8
Auto cond.	18.9	10.4
Tous modes	11.8	0.3

SCENARIO FORT		
Modes\périodes	24 h	pointe
TC	14.1	14.4
Auto cond.	21.6	22.1
Tous modes	14.7	12.5

#### Scénario: Hausse de 30% du taux d'emploi des femmes et choix de mode variable

Dans le scénario d'une hausse de 30% du taux d'emploi des femmes, nous devons nous attendre à ce que l'effet revenu entraîne un transfert de mode du transport en commun vers l'automobile ainsi qu'un changement de comportement relié à la participation de la femme au marché du travail et ce que cela implique en termes de comportements de transport. Pour simuler cet impact nous avons élaboré un scénario extrême qui suppose qu'en 2011 les femmes se déplaceront selon des choix modaux identiques à ceux qu'on a observés chez les hommes en 1987 (tableau 16).

Dans le cas d'une croissance démographique faible ce scénario donne une décroissance très importante de l'utilisation du transport en commun sur 24 heures puisque le taux serait de -14.8 % comparativement à +12.7 % dans le cas du scénario précédent où les femmes conservaient les mêmes modes de transport qu'en 1987. À l'heure de pointe matinale, la baisse des déplacements par transport en commun serait nettement plus forte avec un taux de -22.2 % au lieu de -0.8 %. Même en supposant une croissance démographique forte, les déplacements en transport en commun diminueraient d'ici l'an 2011 de 2.3% pour les déplacements 24 heures et de 10.0% pour les déplacements en pointe matinale.

Cette baisse de la demande pour les transports collectifs se traduirait par une hausse des déplacements auto-conducteur. Ainsi, pour les déplacements sur 24 heures, dans le cas du scénario faible, le taux de croissance de l'auto-conducteur serait de 21.9% comparativement à 18.9 % dans le scénario précédent. Cependant, c'est surtout à l'heure de pointe que la différence se fait sentir. Dans le scénario démographique faible, la croissance serait explosive avec un taux de 32.0% comparativement à 10.4% si les femmes conservent les mêmes choix de modes de transport. Dans le scénario démographique fort, le taux de croissance de l'auto-conducteur atteint 46.3% comparativement à 22.0% dans le scénario précédent.

Par conséquent, quelque soit le scénario démographique, le choix de mode est un élément déterminant dans la demande future. Si les femmes qui entreront sur le marché du travail au cours des deux prochaines décennies optent pour un choix de mode de transport identique à celui des hommes nous devons nous attendre à ce que la demande pour l'automobile soit très élevée pour la période 1986-2011 dans la région métropolitaine de Montréal.

Les simulations présentées ici sont des projections sur un avenir incertain. Néanmoins, il reste que les différents scénarios présentés permettent d'établir une fourchette de possibilités qui indiquent les tendances lourdes: un scénario de faible croissance démographique amènerait presque inévitablement une baisse de la demande pour les transports en commun et une hausse de la demande automobile, au moins dans le court terme. Cette pression à la hausse de la demande automobile se-

rait fortement accentuée dans l'éventualité d'une hausse de la participation des femmes au marché du travail ainsi que dans le cas d'une augmentation générale plus forte de la population.

**Tableau 16: Taux de croissance projetés de la demande de transport par modes, par zones, RMM: 1986-2011, selon les deux scénarios démographiques, en %**

**Scénario: accroissement de 30% du taux d'emploi des femmes et choix de mode des femmes = celui des hommes en 1987**

SCENARIO FAIBLE		
Modes\période	24 h	pointe
TC	-14.8	-22.2
Auto cond.	21.9	32.0
Tous modes	3.0	0.3
SCENARIO FORT		
Modes\périodes	24 h	pointe
TC	-2.3	-10.0
Auto cond.	34.4	46.3
Tous modes	14.7	12.5

## DISCUSSION SUR L'AVENIR DE LA DEMANDE DU TRANSPORT AUTOMOBILE

Compte tenu de la tendance historique vers une hausse plus rapide des déplacements en automobile que pour les transport en commun, l'hypothèse de comportements constants est sans aucun doute optimiste pour les transports en commun. C'est pour cette raison que nous avons élaboré des scénarios à comportements variables afin de tenir compte des modifications dans les habitudes de vie et de la tendance observée au cours des dernières années d'une hausse de la mobilité, principalement des femmes. Le premier scénario à comportements variables jumelé avec une croissance démographique faible, qui supposait un accroissement du taux d'emploi des femmes de 30% d'ici l'an 2011 (tableau 15), nous projette un taux de croissance de 18.9% pour les déplacements sur 24 heures du mode auto-conducteur et de 10.4% en pointe. Dans le cas d'un scénario démographique fort le taux de croissance de la demande auto-conducteur pour les déplacements 24 heures est à peine plus élevé que dans le scénario faible, mais nettement plus fort en pointe matinale (+22.1%). L'impact démographique sur la demande de transport automobile se fera donc sentir surtout à l'heure de pointe matinale.

Les changements de comportements face aux choix de mode seront des éléments déterminants dans la demande future. La seconde simulation à comportements variables permet la prise en considération de ce facteur via un alignement du comportement des femmes vers celui des hommes (tableau 16). La demande de transport auto-conducteur croît fortement dans ce nouveau scénario tant dans une perspective de croissance démographique faible que forte. A l'heure de pointe le taux de croissance de la demande auto-conducteur serait de 32.0% dans un scénario de croissance démographique faible et de 46.3% dans un scénario de croissance forte. Ceci pourrait congestionner considérablement le réseau à moins que cette situation

n'amène des transferts de mode en faveur des transports en commun. De façon générale, la répartition modale dépendra de la qualité relative de l'offre des transports en commun et du transport automobile (congestion routière, facilité d'accès au centre-ville, voies réservées pour le transport en commun, politiques de stationnement, gestion de la circulation, etc.). Cette évolution pourra aussi conditionner la croissance de la forme urbaine, notamment par des mouvements possibles des activités vers la périphérie dans le cas d'une détérioration de l'accessibilité de la ville centrale.

## CONCLUSION

Le vieillissement démographique aura un effet négatif important sur la demande de transport en commun et positif sur la demande auto-conducteur. En pointe du matin le taux de diminution de la demande pour les transports collectifs serait plus fort que pour les déplacements de l'ensemble de la journée alors que pour la demande auto-conducteur on assisterait au phénomène inverse, à savoir une hausse plus faible en période de pointe qu'en période hors-pointe. Une croissance démographique assez forte pourrait évidemment amener une certaine hausse de la demande pour les transports collectifs et une hausse encore plus forte de la demande automobile. Cependant bien d'autres facteurs interviendront, notamment la hausse probable dans le taux d'activité des femmes et les modifications que cela entraînera sur les choix de mode de transport. Les scénarios présentés montrent que la seule hausse du taux d'activité des femmes et les changements de comportement que cela entraînera au niveau des choix de mode, pourraient entraîner une hausse du transport automobile qui pourrait facilement dépasser 30%. On pourrait diversifier davantage les scénarios en incorporant d'autres modifications dans les comportements, notamment la tendance générale de la mobilité à augmenter. Néanmoins on peut conclure que les modifications dans les comportements futurs seront déterminants sur la demande et tout nous indique que les tendances démo-économiques les plus probables favoriseront le transport automobile au détriment des transports en commun.

## BIBLIOGRAPHIE

- Andan, O. et al. (mai 1991). *Transports et modes de vie des ménages périurbains*, Lyon, Lab. d'Econ. des Transports, Institut National de Recherche sur les Transports et leur Sécurité.
- Andan, O. et al. (nov 1989). *Mobilité résidentielle, activités et espaces fréquentés en milieux périurbains (Enquête en périphérie de Lyon)*, Lyon, LET, INRETS.
- Bureau de la statistique du Québec (BSQ) (1988). *Perspectives provisoires de la population et des ménages, Québec, 1986-2011*, par N. Thibeault. Québec, Gouv. du Québec, 152p.
- Bussière, Y. (1990). "Effet du vieillissement démographique sur la demande de transport dans la région métropolitaine de Montréal, 1986-2011", *Cahiers québécois de démographie*, automne, vol.19, no 2, 323-350.



- Bussière, Y. (1989a). "Analyse de l'impact de l'évolution démographique sur la demande de transport", in Lamonde, et al., août.
- Bussière, Y. (1989b). "L'automobile et l'expansion des banlieues: le cas de Montréal, 1901-2001", *Urban History Review/Revue d'histoire urbaine*, vol. XVIII, No. 2, 159-165 (oct.).
- Bussière, Y., R. Marcoux, M. Tessier (1988). *Analyse prospective de la demande de transport des personnes dans la région métropolitaine de Montréal, 1981-1996*. Montréal, INRS-Urbanisation, série "Etudes et documents", no 56, 152p.
- Bussière, Y., R. Marcoux et M. Tessier (printemps 1987). "Démographie et demande de transport des personnes: méthode de projection élaborée à partir du cas Montréalais: 1981-1996". *Revue canadienne des sciences régionales*, vol X:1, 19-40.
- Bussière, Y. (nov.1985). "Projection de la demande de transport et vieillissement de la population: le cas montréalais en 1978-1982 et perspectives d'avenir", *Transports*, (Paris), no 309, 559-567.
- Bussière, Y. (mai-juin 1984). "Population Aging and Transportation Demand: A Montreal Case Study for 1978-1991", *Ekistics*, (Athènes), vol.51, 238-242.
- Bussière, Y., avec la collab. de B. McCann et de A. Seri (mai 1983). *Vieillesse de la population et demande de transport dans la région de Montréal, 1978-1991*, Montréal, INRS-Urb., Etudes et Documents no 36, 83p.
- Chapleau, R., et D. Girard (avril 1986). *Effects of population aging and urban dispersion in the use of urban transport in the future*, Univ. de Montréal, Centre de recherche sur les transports, public. no 461, avril 1986.
- Girard, D. (mars 1985). *Evolution de la mobilité des Montréalais de 1970 à 1982*, Univ. de Montréal, Centre de recherche sur les transports, publication no 416, xiv et 148p.
- Girard, D., et R. Chapleau (été 1984). "Tendances sommaires de l'évolution de la mobilité des personnes de la région de Montréal", in *Routes et transports*, 25-31.
- Lamonde, P., avec la collaboration de Y. Bussière, Stéphane Brice et Martin Morin (août 1989). *Développement urbain et stratégie de transport pour Montréal - Horizon 2001*. Montréal, INRS-Urbanisation, Rapport de recherche no.12, xiv et 178p.
- Lamonde, P., J. Ledent et M. Polèse (sept.1984). *Perspectives d'emplois et de population pour la région métropolitaine de Montréal, par zone d'analyse - Horizon 1996*, Etude effectuée pour le service de la planification du territoire de la CUM par l'INRS-Urbanisation.
- Latouche, D. (1980). *A la remorque des transports*. Québec, Québec Science Editeur. 283p.
- Ledent J. (oct. 1987). *Perspectives révisées de la population et ses sous-régions à l'horizon 1996*. Montréal, INRS-Urbanisation. Etude effectuée pour le service de la planif. de la CUM. 92p., annexes.
- Mathews, G. (oct. 1988). "Les municipalités face à la crise démographique", in *Municipalités*, 2-4.
- Séguin, A.-M. et Y. Bussière (1991). *Household Forms and Patterns of Mobility: The case of the Montreal Metropolitan Area*. Montréal, INRS-Urbanisation, octobre 1991, 19p.

Société de transport de la Communauté urbaine de Montréal (avril 1989). *Mobilité des personnes dans la région de Montréal Enquête origine-destination régionale 1987: éléments méthodologiques et résultats caractéristiques des déplacements de la population*.

Société de transport de la Communauté urbaine de Montréal, *Rapport annuel 1987*, 1988.

## ANNEXES

### ANNEXE 1: HYPOTHESES DES DEUX SCENARIOS DEMOGRAPHIQUES REALISES PAR J. LEDENT

Découpage: 12 zones: 10 zones de la Région métropolitaine de recensement Montréal (RMM); Québec moins RMM; Canada moins Québec.

#### 1. Scénario faible S1:

-**Fécondité:** dans chaque zone, l'indice synthétique de fécondité (ISF) est à partir de 1991 maintenu constant au niveau de 1,37 X où X est le rapport de l'ISF de la zone à celui du Québec en 1986.

-**Mortalité:** dans chaque zone, tout taux de mortalité selon l'âge a une valeur égale à sa valeur de 1986 multipliée par le ratio de la valeur projetée à la valeur 1986 du taux de mortalité correspondant pour le Québec.

-**Migration interne:** les propensions à migrer vers les autres zones selon l'âge et la zone de départ sont prises égales à leurs valeurs correspondantes telles qu'observées en 1981-1986.

#### -Migration internationale:

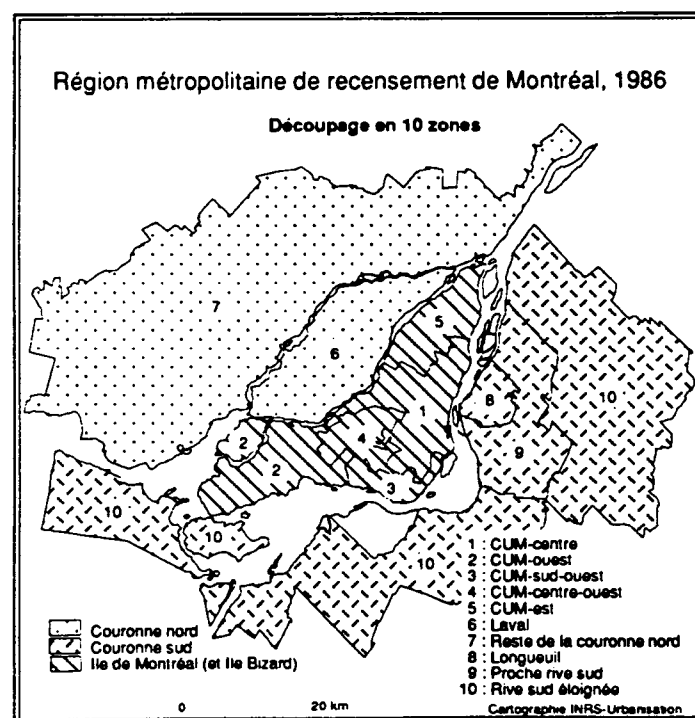
a)-Nombre et composition (selon l'âge et la zone) de la population immigrante survivante à la fin de chaque période quinquennale sont pris égaux aux valeurs correspondantes observées en 1981-1986.

b)-Taux d'émigration selon l'âge et la zone de départ pris égaux à leurs valeurs moyennes 1981-1986 (estimés par J. Ledent).

#### 2. Scénario fort S2:

-Hypothèses identiques au scénario S1, sauf que l'on suppose une immigration internationale du double de celle du scénario S1.

## ANNEXE 2



## LES NOUVEAUX DÉFIS DE MONTRÉAL FACE À L'ÉVOLUTION DU CONTEXTE DES TRANSPORTS ET DE L'AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE

Jean Bertrand

Surintendant de la Division du Transport - Ville de Montréal

### INTRODUCTION

Le développement urbain de Montréal s'est fait historiquement autour d'une agglomération dense et compacte associant les lieux de travail et de résidence. Jusqu'au tournant du siècle dernier, plusieurs déplacements s'effectuaient par transport collectif, mais surtout à pied.

Au cours des trente dernières années, la région montréalaise a connu un étalement urbain soutenu par un développement intensif du réseau autoroutier dont la longueur dépasse aujourd'hui les 400 kilomètres alors qu'il était inexistant en 1957. Le dernier frein à un usage de plus en plus généralisé de l'automobile tombe en 1985 alors que les derniers postes de péage autoroutiers sont abolis par le gouvernement du Québec. Seul un poste demeure à un point d'accès à l'île de Montréal, soit le pont Champlain géré par le gouvernement fédéral, mais il sera lui aussi aboli en 1990.

Les conséquences de cet étalement urbain sont nombreuses. D'abord un appauvrissement de la zone centrale occasionné par le départ d'une population à revenus moyens et élevés vers les banlieues. Puis, un coût d'immobilisation et d'exploitation des infrastructures de transport de plus en plus élevé, particulièrement pour le transport collectif dont les performances sont reliées à la concentration de la population desservie. Enfin, une augmentation des coûts difficilement quantifiables reliés à la congestion aux heures de pointe, que ce soit en termes de temps perdu ou de consommation d'énergie par un nombre croissant de véhicules constituant autant de sources de pollution.

Le développement économique de Montréal est intimement lié à la qualité de la desserte de ses activités, autant au niveau local que régional. Il s'agit donc de privilégier des modes de transport bien adaptés aux agents économiques désirés et s'inscrivant dans une perspective de développement viable. C'est dans cet esprit que Montréal a fait un choix très clair en faveur du transport collectif pour répondre à la demande de déplacements des personnes sur son territoire, particulièrement aux heures de pointe.

### 1. LE CONTEXTE SOCIO-ÉCONOMIQUE ET INSTITUTIONNEL DU TRANSPORT DANS LA RÉGION MÉTROPOLITAINE DE MONTRÉAL

Montréal compte un peu plus d'un million d'habitants. Elle est la plus importante municipalité de la Communauté urbaine de Montréal (CUM) qui compte

29 municipalités et 1,7 millions d'habitants. La région métropolitaine de Montréal couvre un territoire de 3 300 kilomètres carrés, totalise 105 municipalités et près de 3 millions d'habitants, soit environ la moitié de la population du Québec.

### 1.1 Le réseau routier

Le gouvernement du Québec est le principal responsable de la construction et de l'entretien du réseau routier de la région. Le gouvernement fédéral contribue à la réalisation de certains projets, notamment aux croisements de voies ferrées ou de voies navigables.

Conscient des effets négatifs de l'étalement urbain, le gouvernement du Québec instaurait en 1977 un moratoire sur tout projet autoroutier susceptible d'avoir un impact sur ce phénomène. Dans le même esprit, il adoptait en 1983 l'Option préférable d'aménagement qui vise notamment la consolidation du tissu urbain à l'intérieur du périmètre d'urbanisation actuel, et le réaménagement de façon prioritaire des territoires les plus anciennement bâtis de l'espace central montréalais.

En 1988, le ministre des Transports mettait fin à ce moratoire en rendant public son Plan d'action 1988-1998 dont 465,2 millions \$ sont affectés à des projets de développement autoroutier visant, selon le ministre, un meilleur équilibre sur les réseaux et une complémentarité accrue entre les modes de transport privé et collectif. Un nouveau pont reliant l'île de Montréal à sa rive nord y est notamment inscrit. Les milieux montréalais, élus locaux, gens d'affaires, syndicats, furent unanimes à critiquer ce plan qui ne pouvait qu'encourager l'utilisation de l'automobile et accentuer à moyen terme la congestion routière.

Depuis vingt ans, la circulation sur les ponts a doublé, conséquence directe du développement des banlieues. Aujourd'hui, près de 1 million de véhicules entrent et sortent de l'île de Montréal quotidiennement. Il faut compter jusqu'à une demi-heure d'attente pour franchir certains ponts. De l'avis du ministère des Transports, c'est le principal problème autoroutier de la région de Montréal. Pour Montréal, les ponts sont un bon moyen de régulariser le flot de véhicules s'engouffrant dans son réseau municipal. C'est une particularité géographique que Montréal entend exploiter.

Car ce sont les gens qui participent aux activités économiques et culturelles, pas leurs véhicules. Il ne s'agit pas de permettre à plus de véhicules d'entrer sur l'île, mais bien de permettre à plus de gens de le faire. Bien sûr, les camions seront toujours considérés comme essentiels. Mais les chauffeurs ont déjà l'intelligence de franchir les ponts à l'extérieur des périodes de pointe, quand c'est possible. Une réduction des véhicules privés ne pourra qu'aider ceux qui doivent le faire aux heures de pointe.

### 1.2 Le réseau de transport public

Trois sociétés de transport assurent le service de transport public sur un territoire comprenant la CUM et sa périphérie immédiate (tableau 1). Le reste de la région métropolitaine est couvert par des Conseils intermunicipaux de transport (CIT).

**Tableau 1**  
**Sociétés de transport en commun**  
**Région métropolitaine de Montréal**

Société	Population desservie	Territoire (km <sup>2</sup> )	Municipalités desservies
STCUM (CUM)	1 752 258 (1987)	487	29
STRSM (Rive Sud)	324 000 (1986)	232	7
STL (Rive Nord)	284 000 (1986)	245	1

Les trois sociétés de transport répondent chacune à un Conseil d'administration formé d'élus municipaux. Un organisme régional regroupant ces trois sociétés, le Conseil métropolitain de transport en commun (CMTC), fut créé en 1990 afin de statuer sur les tarifs régionaux et la planification d'infrastructures communes.

### *Le réseau montréalais*

Le réseau de transport public de la CUM s'articule autour de quatre lignes de métro. Le réseau initial du métro, mis en service peu avant l'Exposition universelle de 1967, comptait 26 stations réparties sur trois lignes d'une longueur de 22 kilomètres. Des prolongements en 1976, année des Jeux olympiques, et au cours des années suivantes ont porté le réseau à 61 kilomètres, comptant 65 stations et utilisant 759 voitures. Ces chiffres expriment bien l'ampleur des investissements consentis en immobilisation et en frais d'exploitation pour des infrastructures lourdes de transport en commun. Les actifs de la STCUM se chiffrent actuellement à 4,4 milliards \$.

Quant au réseau d'autobus, il compte 169 lignes, 1657 véhicules, et s'étend sur 3550 kilomètres (1990). Deux lignes de trains de banlieue, dont une doit être modernisée complètement, font également le lien avec le centre-ville.

### 1.3 Les déplacements sur les réseaux de transport

Malgré toutes ces disponibilités d'infrastructures de transport public, et dont la capacité n'est atteinte que sur de courts tronçons pour de courte période de pointe, la part des déplacements par transport collectif n'a cessé de diminuer au cours des dernières années au profit de l'automobile. Pour la période 1982-1987, on enregistre à la pointe du matin une diminution du nombre de déplacements par transport collectif de 2,1% dans la région métropolitaine, passant de 395 048 à 386 640. Pour la

même période, les déplacements par automobile ont progressé de 29,4%, passant de 591 581 à 765 656.

Car il faut dire que la congestion du réseau routier montréalais n'a pas encore l'ampleur de celle de Paris, de New York ou même de Lyon. La Communauté urbaine de Montréal étant une île, les 15 ponts routiers la reliant à ses rives nord et sud agissent comme autant d'entonnoirs qui ne laissent entrer qu'un flot limité de véhicules à la pointe du matin. Cet avantage n'en est toutefois plus un à la pointe de l'après-midi quand les banlieusards doivent repasser dans l'entonnoir pour ressortir. Il s'ensuit alors des congestions aux approches des ponts qui débordent dans les rues résidentielles.

Quant à la circulation interne à l'île de Montréal, la grille de rue orthogonale permet de trouver presque toujours un chemin alternatif à une artère congestionnée. Seules les autoroutes métropolitaines connaissent des congestions importantes qui sont souvent dues à des travaux de réfection ou à des accidents.

De plus, alors que le coût du titre de transport ne cesse d'augmenter pour l'utilisateur du transport collectif, l'automobiliste ne perçoit pas d'augmentation du coût d'utilisation de la voirie puisqu'il peut y circuler gratuitement. Et c'est d'autant plus vrai depuis l'abolition des postes de péage mentionnée précédemment.

## 2. LE NOUVEAU CONTEXTE DE FINANCEMENT DU TRANSPORT COLLECTIF ET DE L'AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE

L'automobiliste montréalais n'a pas vraiment de contrainte à l'utilisation de son véhicule, et la durée de son trajet est souvent égale ou inférieure à celle du même trajet en transport collectif. Afin de renverser la tendance actuelle, les sociétés de transport doivent investir encore davantage dans leur service afin d'offrir une alternative de plus en plus attrayante pour l'automobiliste.

Mais les sociétés de transport ne doivent pas être les seuls acteurs d'une stratégie visant une diminution de l'utilisation de l'automobile. Les municipalités et les communautés urbaines ont les pouvoirs d'agir sur la gestion de leur voirie respective. Et plus encore, ce sont les municipalités qui planifient les centres d'activités qui génèrent les déplacements et conditionnent la répartition modale.

### 2.1 La crise du financement du transport collectif montréalais

Dans un contexte de coupures budgétaires à tous les niveaux de gouvernement, le gouvernement du Québec se retirera du financement à l'exploitation du transport en commun à compter du 1er janvier 1992. Ce retrait signifie une perte importante de revenus pour les sociétés de transport et une modification profonde du partage du financement entre les principaux partenaires. Le tableau 2 indique ce partage avant et après le retrait provincial.

Tableau 2

### Revenus des sociétés de transport - Région métropolitaine de Montréal

		STCUM		STL		STRSM
		\$	%	\$	%	non disp
1.	Usagers et publicité					
	1991	270,0	41,1	21,8	37,3	
	1992	286,5 <sup>1</sup>	41,6	29,5	43,9	
2.	Contributions provinciales					
	1991	229,4	34,9	18,1	31,0	
	1992	96,1	14,0	8,5	12,7	
3.	Contributions des municipalités					
	1991	157,5	24,0	18,5	31,7	
	1992	305,3	44,4	29,2	43,4	
	TOTAL					
	1991	656,9	100,0	58,4	100,0	
	1992	687,8	100,0	67,2	100,0	

en million \$ - 1. Incluant les revenus du C.M.T.C.

Pour la STCUM, le manque à gagner au chapitre de l'exploitation représente 156,3 millions \$. Des compressions budgétaires importantes ont mené entre autres à l'abolition de 245 postes. En un an, le titre de transport le plus largement utilisé, la carte autobus-métro, aura connu une augmentation de 25 %. Pour les municipalités de la CUM, le retrait du gouvernement du Québec représente 147,8 millions \$ de plus versés au budget du transport collectif. Des hausses de taxes substantielles en découleront inévitablement, ce qui pourrait inciter encore plus de gens à s'établir hors CUM.

### La stratégie de relance de la STCUM

Malgré tous ces événements défavorables au développement du transport collectif, la STCUM propose un plan de relance visant une augmentation de l'offre et l'amélioration de la qualité du service.

Ce plan, estimé à 17 millions \$, vise prioritairement:

- à desservir rapidement, efficacement et plus confortablement le centre-ville aux heures de pointe;
- à créer un réseau performant de desserte hors pointe à l'intérieur des quartiers de Montréal;
- à développer un transport en commun adapté aux besoins des travailleurs et travailleuses des grands parcs industriels;

à améliorer sensiblement la constance, la ponctualité du service et l'information à la clientèle.

De l'avis même de la STCUM, ce plan nécessite de la part des municipalités de la CUM le recours à leurs pouvoirs en matière d'aménagement du territoire et de réglementation en vue de favoriser le transport collectif.

## 2.2 Le plan d'aménagement et de développement de Montréal

Parallèlement à cette crise du transport collectif, Montréal prépare son Plan d'aménagement et de développement devant être adopté à la fin de 1992. Ce plan présente les orientations privilégiées pour l'aménagement et le développement de l'ensemble de son territoire, ainsi que les objectifs et les stratégies retenus pour assurer leur mise en oeuvre.

Par une planification judicieuse de l'emplacement des activités reliées entre elles, Montréal compte réduire les déplacements en nombre et en longueur. Elle compte ainsi favoriser la construction de 10 000 logements dans la zone du centre-ville. On obtient alors un double avantage; les distances à parcourir pour travailler, magasiner et se divertir s'en trouvent diminuées, et le centre-ville demeure animé même après les heures de fermeture des bureaux. De façon plus générale, Montréal compte densifier son territoire afin que le service de transport collectif soit plus efficace.

L'amélioration de l'accès au centre-ville par transport collectif est une priorité. Déjà, plus de 60% des 250 000 déplacements à destination du centre-ville se font par transport collectif à l'heure de pointe du matin. Montréal vise à augmenter cette part à 70% d'ici 10 ans. Pour ce faire, Montréal mise sur l'implantation de voies réservées sur les axes de pénétration vers le centre-ville, combinée à la réalisation de stationnements d'échanges localisés en amont de la congestion routière. De plus, un programme de remorquage sur les principaux axes de transport collectifs au centre-ville est en vigueur depuis deux ans.

Les interventions en matière de stationnement sont conséquentes avec la volonté de privilégier l'utilisation du transport collectif. La politique de stationnement vise à diminuer l'offre de stationnement de longue durée associée aux déplacements domicile-travail-domicile. Ce sont ces déplacements qui sont la principale cause de congestion aux heures de pointe.

## CONCLUSION

Montréal et sa région métropolitaine vivent à l'heure de choix qui seront déterminants pour leur développement futur. Le retrait du gouvernement du Québec du financement des dépenses d'exploitation change radicalement l'équilibre financier du transport collectif et exerce une pression à la baisse sur l'offre de service. Pour la région montréalaise, un tel renversement favorise une utilisation accrue du principal facteur de congestion, l'automobile.

Au-delà de l'amélioration des niveaux de service des réseaux de transport, il y a un choix de société en faveur d'un développement viable visant à répondre à nos besoins actuels sans compromettre la capacité des générations futures à satisfaire les

leurs. Ce choix impose une réduction de la congestion routière associée aux déplacements des véhicules particuliers. Soulager cette congestion par une addition de capacité routière ne fait que reporter le problème à plus tard en l'aggravant davantage.

# CONGESTION ET CRISE DU FINANCEMENT DES TRANSPORTS A LYON : VERS UN PEAGE URBAIN ?

Charles Raux  
Ingénieur de recherche CNRS

Eric Tabourin  
Maître de conférences à  
l'Université Lumière-Lyon 2

Laboratoire d'Economie des Transports  
(CNRS - Université Lumière Lyon 2 - ENTPE)

## INTRODUCTION

Les problèmes de déplacements dans les grandes villes françaises n'ont cessé de croître depuis les années 1950, dus dans un premier temps à une forte croissance démographique urbaine et aggravés par la diffusion de la motorisation des ménages.

Depuis le début des années 1970, la solution à la gestion physique de ces flux a consisté à pratiquer une relance de l'offre en transport collectif, symbolisée par l'ouverture des métros de Lyon, Marseille puis Lille. Cette politique a mis en jeu des masses financières qui ont subi des dérives importantes, aussi bien en investissement qu'en exploitation, et placé les comptes des entreprises de transport dans une situation de déficit structurel.

Le financement des transports collectifs urbains est actuellement réalisé par trois agents économiques : les usagers, les entreprises à travers le versement transport, et les collectivités locales. Au cours du temps, les parts des collectivités locales et des entreprises ont augmenté au détriment de celles des usagers. A partir de la fin des années 70, les contributions publiques étant de plus en plus contraintes par la limitation générale des prélèvements fiscaux, et le versement transport stagnant, l'adaptation entre un niveau de ressources limité et la gestion d'un système de plus en plus coûteux représentait le principal défi<sup>1</sup>.

Le retour à une certain degré de croissance à la fin des années 80 a constitué un ballon d'oxygène pour le financement des transports collectifs, en permettant notamment une forte croissance du produit du versement transport. Mais il a fait apparaître un second écueil, à savoir une crise des déplacements urbains. Sous l'effet de la croissance, les encombrements, qui n'avaient certes pas cessé durant la phase précédente, se sont accru d'une manière beaucoup plus importante.

Face à ce double écueil, l'une des réactions possibles est de répéter les recettes éprouvées par le passé, à savoir investir massivement dans les transports collectifs pour rétablir une compétitivité quelque peu émoussée face à la montée des déplacements en voiture particulière. Le présupposé implicite est qu'une offre accrue en

---

<sup>1</sup> Voir le colloque "Financement des Transports Urbains", sept 1984, (LET, 1985).

transports collectifs va permettre d'augmenter leur part de marché au détriment de la voiture particulière et ainsi améliorer le fonctionnement économique et social de la ville. Cependant plusieurs travaux d'analyse des comportements de déplacements en milieu urbain montrent que l'offre en transports collectifs n'est qu'un des éléments de choix du citoyen, à côté des contraintes qui pèsent lourdement sur ce "choix"<sup>2</sup> et de la concurrence implacable de l'automobile, jusqu'ici non réellement bridée dans son usage. L'observation des tendances récentes montre que les investissements massifs en transports collectifs n'ont pas réellement enrayer la montée de la congestion automobile : nous sommes donc amenés à nous questionner sur le niveau futur d'aggravation de cette double crise de l'encombrement et du financement, ses conséquences sur le fonctionnement de la ville et la capacité de maîtrise de la part des collectivités locales.

Pour répondre à ces questions nous utilisons un modèle de simulation que nous présentons brièvement dans une première partie. Ensuite nous simulons les impacts de diverses politiques envisageables pour les collectivités locales à court ou moyen terme, appliquées au cas de Lyon<sup>3</sup> : protection du réseau, éviction de la voiture particulière du centre, investissements alternatifs. Les limites de ces diverses mesures nous amènent alors à aborder la question inéluctable du péage urbain.

## LE MODELE QUINQUIN

Afin de mesurer et d'apporter des éléments d'aide à la décision pour contrer cette double crise - crise financière et crise des déplacements urbains -, nous avons élaboré un modèle de simulation du financement des transports collectifs, le modèle "QUINQUIN" ("Qualités INtroduites, QUantités INsolubles"), appliqué à l'agglomération lyonnaise<sup>4</sup>.

Le modèle QUINQUIN permet d'estimer à l'horizon 2000 le financement qui sera nécessaire à la poursuite d'une organisation collective des déplacements urbains au sein de l'agglomération lyonnaise. Il mesure l'impact de modifications du contexte socio-économique sur le système des déplacements urbains. Il permet de tester diverses options de politiques de gestion qui peuvent être entreprises pour réduire le déficit du réseau de transport collectif et gérer les déplacements qui s'inscrivent dans la ville.

Ce modèle n'a pas de pouvoir prédictif, au sens où il donnerait la situation précise du financement en l'an 2000. Il permet d'entrevoir une multitude d'avenirs possibles, de mesurer l'efficacité de politiques variées de gestion du réseau dans le cadre de contextes socio-économiques non maîtrisés.

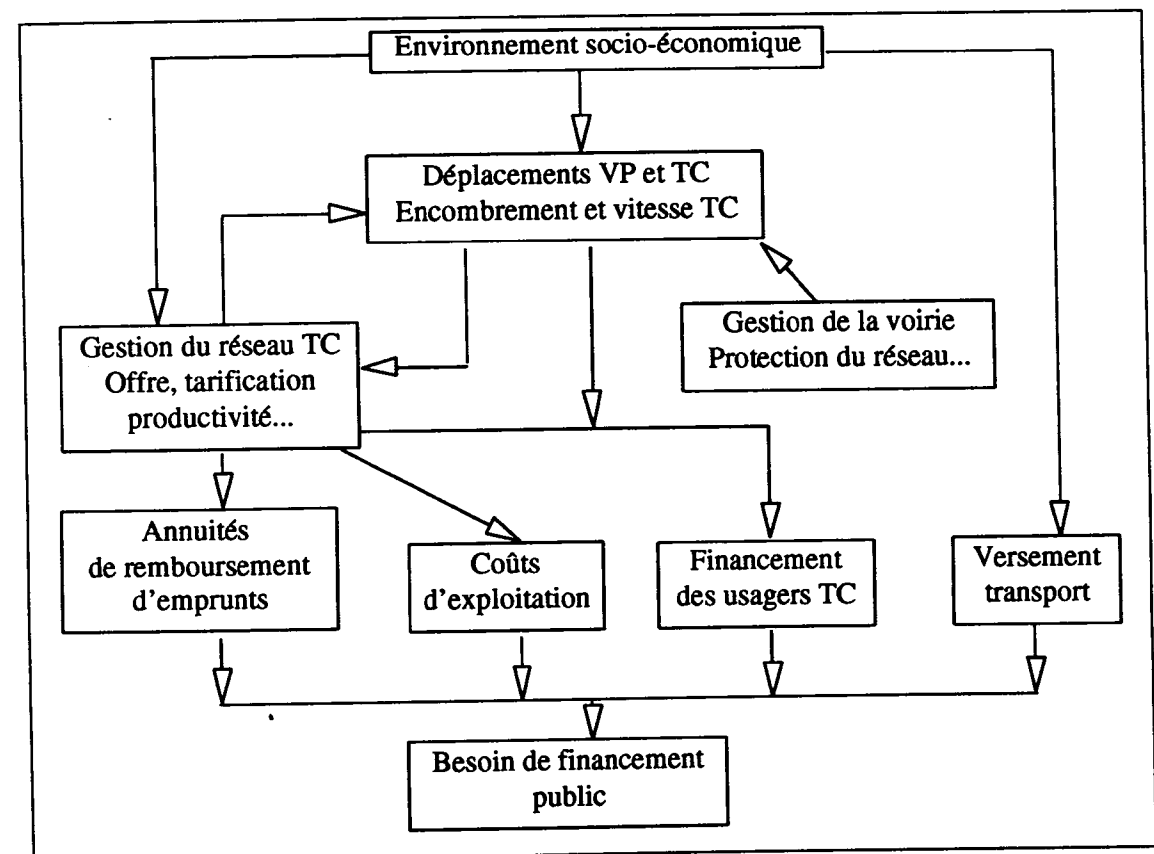
<sup>2</sup> Pour une revue synthétique voir Raux et alii (1988).

<sup>3</sup> Les résultats de ces simulations sont détaillés dans un rapport commandité par la Communauté Urbaine de Lyon (Raux, Tabourin, 1991). Il va de soi que les opinions exprimées dans ce papier n'engagent que leurs auteurs.

<sup>4</sup> Cette recherche s'est inscrite dans le cadre de la préparation d'un doctorat en économie des transports délivré par l'université Lumière Lyon II (Tabourin, 1989). Un modèle semblable, dénommé "Gros QUINQUIN" a été élaboré, à la demande de la RATP, pour la région parisienne (Bouf, 1989).

Il s'articule autour de différents modules relatifs aux variables exogènes, aux déplacements, aux politiques de gestion de la voirie et du réseau des transports collectifs, et aux financements. L'architecture simplifiée du modèle exposée dans la figure page suivante, montre comment s'agencent ces différents modules.

La participation des collectivités locales au financement des transports collectifs urbains résulte de la différence entre d'une part le coût global engendré par l'offre et d'autre part le financement usager augmenté du versement transport. Cette égalité apparaît au bas de la représentation simplifiée du modèle. La partie supérieure de ce schéma exprime la manière dont se forment les trois grandeurs que nous tentons d'appréhender : d'une part des déterminants socio-économiques exogènes tels que la croissance des revenus ou la population s'imposent au système et conditionnent la nature et la quantité des déplacements urbains ; d'autre part un ensemble de "leviers de commande" tels que la gestion de la voirie et du réseau de transports collectifs permettent d'agir sur ce système.



### La croissance, variable centrale du modèle ....

L'observation des tendances passées montre qu'une hausse des revenus des ménages s'accompagne inexorablement d'une élévation des taux de motorisation. Les travaux du Commissariat Général du Plan prévoient, sous une hypothèse de croissance annuelle des revenus réels de 3%, qu'en l'an 2000, 19% des ménages seront non équipés (contre 27% en 1986 à Lyon), 54% auront une voiture (contre 51% en 1986 à Lyon), et 27% seront multi-équipés (22% en 1986 à Lyon).



Cette hausse des revenus s'accompagne également d'une hausse de la mobilité moyenne quotidienne. Cette relation mobilité-revenu a notamment été validée à partir de plusieurs enquêtes ménages réalisées à des dates différentes et sur plusieurs agglomérations françaises.

Enfin la motorisation s'accompagne également d'une utilisation accrue de la voiture particulière, faisant diminuer d'autant la clientèle potentielle des transports collectifs. Le lien entre le niveau d'équipement des ménages (0, 1 et 2 voitures particulières) et la mobilité journalière (en nombre de déplacements) des personnes appartenant à ces ménages selon les différents modes de transport est très fort :

Lyon 1986	Voiture particulière	Transports collectifs	Deux-roues	Marche à pied	Tous modes
O VP	0,19	0,83	0,09	1,50	2,61
1 VP	1,37	0,49	0,06	1,31	3,23
2+ VP	2,33	0,38	0,04	0,78	3,52

Ce tableau<sup>5</sup> montre que tout passage à un niveau de motorisation supérieur entraîne une progression de la mobilité globale, une hausse des déplacements en voiture particulière, et une diminution de la part des autres modes.

Enfin la hausse générale des revenus provoque des dérives importantes des coûts d'exploitation du réseau de transports collectifs, étant donné que ces coûts sont composés à près de 70% par la masse salariale.

L'évolution démographique française, quant à elle, s'inscrit dans une tendance lourde, caractérisée quantitativement par une relative stagnation de la population mais structurellement par un vieillissement et une atomisation des ménages. D'ici à l'horizon 2000, c'est-à-dire dans moins de 10 ans, ces évolutions structurelles n'induiront probablement pas de changements majeurs dans les comportements de mobilité : ces évolutions peuvent même être considérées comme un facteur renforçant la tendance à l'accroissement de la motorisation et de l'usage de la voiture particulière.

Par contre, la variation des revenus semble beaucoup plus aléatoire et ceux-ci interviennent de manière plus complexe, à de multiples niveaux. Cela explique l'importance accordée à l'évolution économique comme variable exogène susceptible d'induire le plus de variations dans le système des transports urbains.

#### Un impact dynamique de l'encombrement sur la vitesse commerciale des transports collectifs

L'augmentation des déplacements motorisés crée une aggravation des conditions de circulation, aboutissant à une baisse de la vitesse commerciale moyenne du réseau de transport collectif de surface, et donc des pertes de productivité. Si l'entreprise veut conserver un niveau d'offre constant, elle devra mettre en oeuvre un parc de véhicules plus important, d'où une augmentation des coûts d'exploitation.

En outre l'entreprise subit d'une part la désaffection des nouveaux usagers de la voiture particulière, qui sont autant de clients potentiels perdus, d'autre part une baisse supplémentaire de clientèle consécutive à la dégradation du niveau du service offert. Ces pertes de clientèle sont autant de recettes en moins.

<sup>5</sup> Données issues de l'Enquête Ménages à Lyon en 1986.

La puissance du modèle s'appuie donc sur ces invariants, validés statistiquement. Il permet de simuler le fonctionnement du système des transports, notamment les transferts entre modes de déplacements à travers l'attractivité des transports collectifs : élasticité au tarif et vitesse commerciale. Cependant QUINQUIN, en l'état actuel, n'incorpore pas de module de génération des déplacements en transports collectifs, en fonction d'un changement radical de l'offre : dans ce cas, les nouveaux déplacements en transports collectifs injectés dans le modèle résultent d'estimations effectuées par la SEMALY<sup>6</sup> dans le cadre de l'élaboration du Plan d'investissement à Moyen Terme pour l'agglomération lyonnaise.

#### UN HORIZON ASSEZ GRIS POUR L'AGGLOMERATION LYONNAISE...

Pour tester la dynamique du système des déplacements urbains au sein de l'agglomération lyonnaise, nous avons utilisé le modèle QUINQUIN en prenant pour année de calage du modèle le réseau à fin 1991, c'est à dire après la mise en service de la ligne D du métro (ouverte partiellement en septembre). Par rapport à cet état, nous avons envisagé quatre cas de figure pour effectuer une projection en 2000, correspondant au croisement de deux hypothèses scénariales de croissance et deux hypothèses d'investissement en transports collectifs : d'une part une croissance modérée à 1,5% et forte à 3% ; d'autre part, un scénario "fil de l'eau", où l'on considère qu'aucun investissement nouveau n'est réalisé à partir de 1991, et d'autre part un scénario de croissance de l'offre en transport collectif, soit un investissement de 6 milliards de FF, par prolongement des lignes actuelles de métro. Ce scénario se réfère au Plan à Moyen Terme (PMT) défini par le SYTRAL<sup>7</sup>.

Les résultats principaux sont les suivants :

	référence 91	croissance de 1,5% revenus		croissance de 3% des revenus	
		fil de l'eau	invest. 6 Mrds	fil de l'eau	inv. 6 Mrds
Dép. TC (1)	100	98,2	111,4	98,6	111,6
Dép. VP (1)	100	109,6	108,9	114,6	113,9
TC/(TC + VP) (2)	24,4 %	22,4 %	24,8 %	21,4 %	23,7 %
Vitesse du réseau	17 km/h	15,1 km/h	16,2 km/h	14,4 km/h	15,5 km/h
Recette d'exploitation (R)	620 MioF	609 MioF	690 MioF	611 MioF	692 MioF
Coûts d'exploitation (D)	1060 MioF	1251 MioF	1299 MioF	1481 MioF	1534 MioF
R / D	58,5 %	48,7 %	53,1 %	41,3 %	45,1 %
Versement Transport (3)	610 MioF	681 MioF	681 MioF	769 MioF	769 MioF
Collectivités Locales (3)	359 MioF	461 MioF	806 MioF	600 MioF	951 MioF
Pression Fiscale (4)	325 PA	354 PA	619 PA	392 PA	621 PA

(1) base 100 en 1991 ; (2) 21,5 % en 1986, et 25,5 % en 1991 selon les prévisions SEMALY. Dans le modèle QUINQUIN, ce pourcentage varie selon la croissance des revenus.

(3) Données financières en MioF constants 1989/an. (4) Pression fiscale en pouvoir d'achat constant/habitant/an.

<sup>6</sup> Société d'Economie Mixte du Métropolitain de l'Agglomération Lyonnaise.

<sup>7</sup> Syndicat mixte des Transports pour le Rhône et l'Agglomération Lyonnaise (autorité organisatrice des transports)



### Déplacements et partage modal :

La croissance des déplacements en voiture particulière se situe entre 9 et 15 %, selon les différents scénarios. Cette croissance plus ou moins forte va générer des encombrements qui vont faire chuter la vitesse commerciale des bus, rendant le réseau de transports collectifs moins attractif. Nous ne pouvons estimer les coûts liés à cette progression de l'encombrement (pollution, perte de temps, etc.). Mais nous pouvons raisonnablement avancer l'hypothèse selon laquelle les niveaux atteints ne seront pas compatibles avec une gestion "efficace" de la ville.

Si aucun investissement n'est réalisé, les déplacements en voiture particulière progressent fortement, faisant chuter la vitesse commerciale moyenne du réseau de transports collectifs d'environ 1,9 à 2,6 km/h, selon les deux hypothèses différenciées de croissance des revenus. Les déplacements en transports collectifs diminuent en valeur absolue. La ville serait ici littéralement asphyxiée, et la plupart des fonctions urbaines ne pourraient plus être assurées.

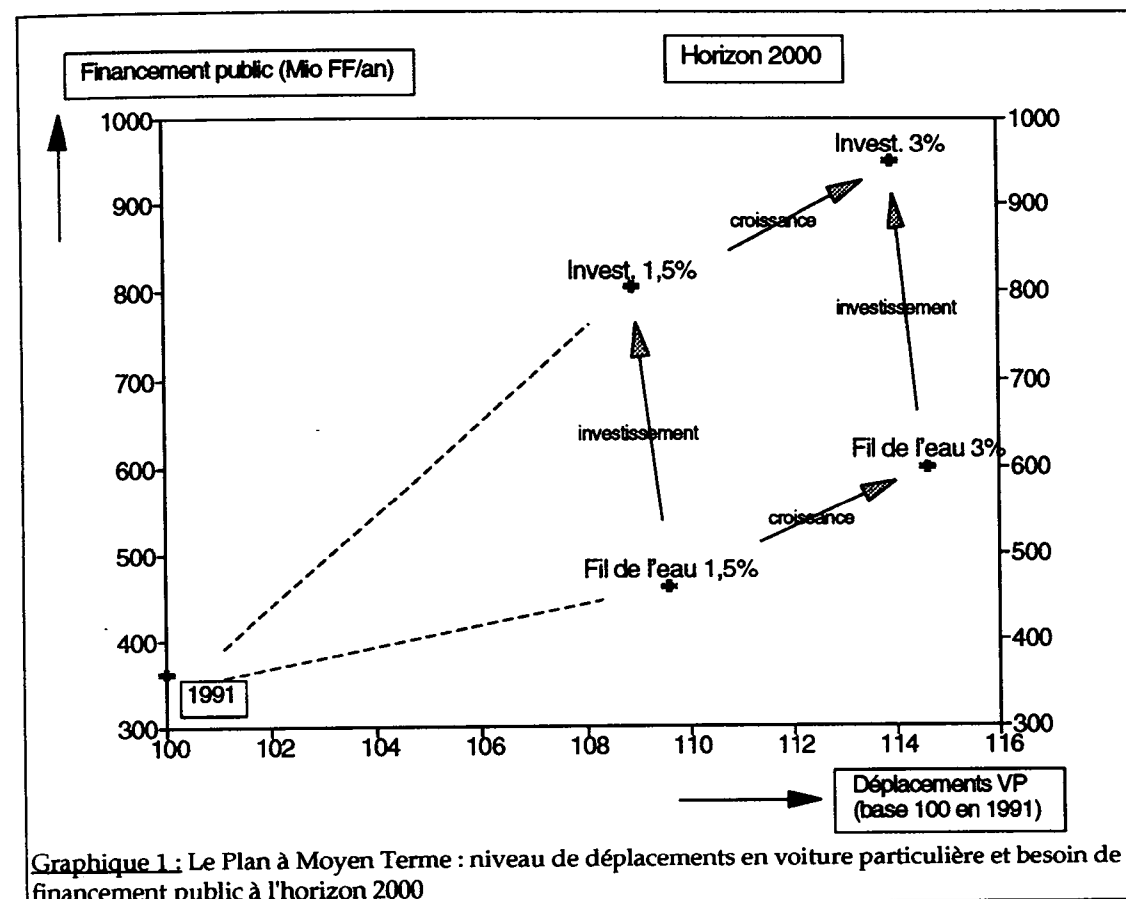
Si l'investissement de 6 milliards de FF est réalisé, la dégradation de la vitesse commerciale moyenne du réseau est contenue : diminution de 0,8 km/h pour une croissance de 1,5% des revenus et de 1,5 km/h pour une croissance de 3%. Dans les deux cas, les déplacements en transports collectifs progressent de plus de 11% par rapport à 1991. Les déplacements en voiture particulière diminuent par rapport à la situation au fil de l'eau à l'horizon 2000, mais conservent des niveaux élevés.

On notera qu'avec ou sans investissement, la croissance des déplacements en voiture particulière n'est guère modifiée. 11% de déplacements supplémentaires sur le réseau de transports collectifs ne permettent de supprimer que moins d'un pour-cent de déplacements en voiture particulière. Les niveaux atteints de ces derniers conduisent sinon à une paralysie de la ville, du moins à un fonctionnement assez dégradé avec des pertes de temps pour les usagers des deux modes.

### Données financières :

Le taux de couverture des coûts par les recettes d'exploitation décroît fortement par rapport à 1992, et ce d'autant plus dans la situation de forte croissance des revenus, où les coûts d'exploitation explosent, alors que les déplacements en transports collectifs ne varient guère. Du fait des caractéristiques de l'offre et de la demande, l'investissement projeté permet de conserver un meilleur taux de couverture de l'exploitation (R/D).

Dans tous les cas de figure, la participation des collectivités locales progresse. Elle le fait d'autant plus que la croissance économique est forte. L'investissement de 6 milliards de FF engendre une annuité supplémentaire de remboursement d'emprunt de près de 380 millions de FF, compte tenu d'une inflation annuelle de 3%. La pression fiscale est un indicateur qui représente "l'impôt" que devra acquitter chaque habitant de l'agglomération, en terme de pouvoir d'achat constant, pour financer le déficit du réseau. En situation de non-investissement, il progresse de 26 à 40% selon la croissance des revenus. Si l'investissement de 6 milliards de FF est réalisé, cet indicateur fait plus que doubler.



Mais comme nous l'avons souligné, seuls sont pris en compte ici les résultats d'exploitation du réseau de transports collectifs. La prise en compte des coûts relatifs à l'encombrement relativiserait, voire inverserait ces conclusions : il ne serait pas dit que globalement, la situation avec investissement en transports collectifs soit plus onéreuse.

Le graphique 1 visualise les avenir possibles en matière de niveaux de déplacements en voiture particulière et de besoins de financement public, avenir vers lesquels s'acheminerait Lyon en cette fin de siècle.

Que la croissance soit forte ou modérée, qu'il y ait investissement ou non, on se dirige, d'ici à la fin de ce siècle, vers des situations financièrement inquiétantes. De multiples façons de résoudre cette crise financière pourraient être envisagées, en considérant les divers bénéficiaires indirects du réseau de transports collectifs : différenciation du versement transport, taxation des commerces, des propriétaires fonciers, des usagers de la voiture particulière, etc...

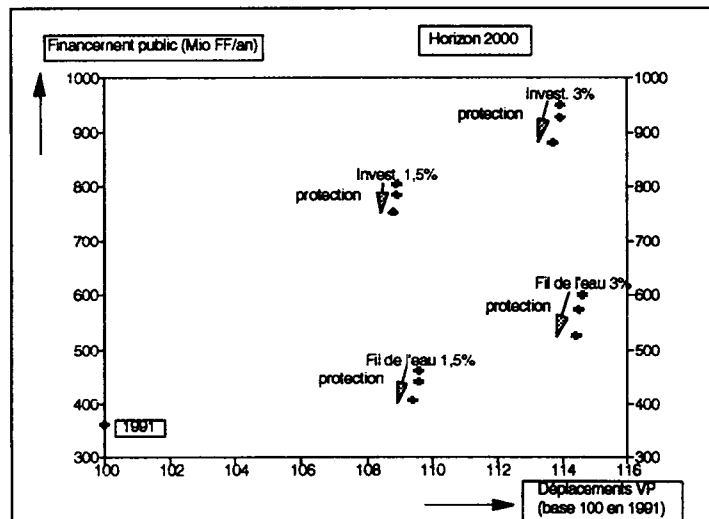
Il est certain que la gestion financière ne doit pas être le seul élément d'appréciation de la politique des déplacements urbains car, à côté de ces éléments financiers, demeure le problème de l'encombrement. Lyon se dirige également vers une crise des déplacements urbains. Cette crise sera d'autant plus accentuée si aucun investissement en transports collectifs n'est réalisé. Compte tenu de cette remarque, le scénario fil de l'eau est inacceptable. Mais le scénario d'investissement en transports collectifs

n'a de chances d'être viable que s'il se combine avec des politiques de gestion multi-modale, notamment de l'usage de la voiture particulière. Ce sont donc ces différents types de mesures que nous allons tester dans un premier temps.

### PROTEGER LE RESEAU DE TRANSPORTS COLLECTIFS

La première mesure testée consiste à protéger le réseau de transport collectif de surface (couloirs réservés), afin de faire progresser la vitesse commerciale globale du réseau, dans le double but de réaliser des gains conséquents de productivité et de renforcer l'attractivité du réseau. Nous avons envisagé des protections supplémentaires de 10 et de 25 % de l'offre du réseau de surface (en Passagers Kilomètres Offerts).

Les résultats obtenus montrent que dans les divers environnements, le passage de la situation actuelle à une protection supplémentaire de 25% fait gagner entre 3 et 4 points aux transports collectifs et n'en perdre que 0,1 ou 0,2 à la voiture particulière, compte-tenu des poids respectifs de chacun des deux modes dans la masse des flux de déplacements. La part de marché des transports collectifs n'augmente que de 0,6 % et le réseau viaire non réservé est probablement aussi saturé à l'horizon 2000 que si rien n'était fait pour protéger les transports collectifs de surface.



Graphique 2 : Effets de différents niveaux de protection supplémentaire du réseau de surface (0, 10 et 25%) sur les déplacements en voiture particulière et le besoin de financement

est naturellement protégée et les mesures de protection auront moins d'impact. Néanmoins les différences d'échelle du déficit entre les situations de non-investissement et d'investissement ne sont pas modifiées : de 461 à 406 Mio FF par an contre 806 à 755 Mio FF dans le cas d'une croissance de 1,5 % ; de 600 à 525 Mio FF par an contre 951 à 883 Mio FF dans le cas d'une croissance de 3 %.

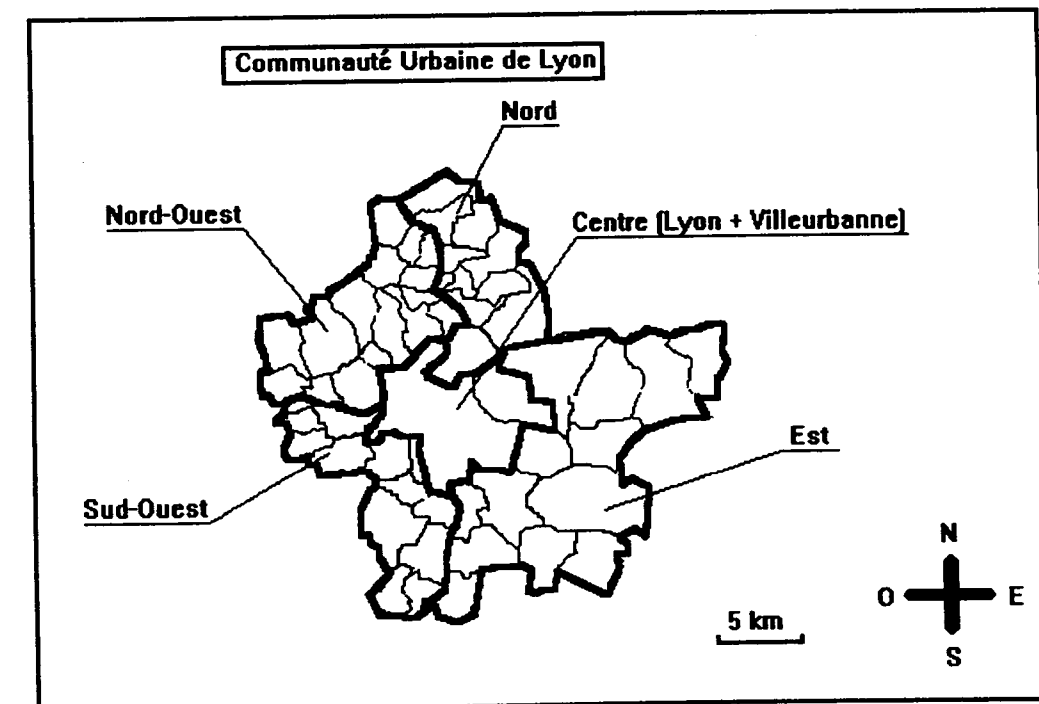
En conclusion sur ce point, nous pouvons dire qu'une politique de protection de la vitesse commerciale du réseau de surface appliquée seule ne résout que fort peu la crise financière des transports collectifs urbains lyonnais et en rien la crise de l'encombrement. D'autres solutions doivent être testées.

### REDUIRE LA CIRCULATION EN VOITURE PARTICULIERE AU CENTRE-VILLE POUR AMELIORER LE FONCTIONNEMENT DES TRANSPORTS COLLECTIFS

Nous avons montré qu'un investissement massif de type métro dans les transports collectifs n'implique pas une diminution significative du niveau de circulation en voiture particulière ; en outre des mesures de protection du réseau de transports collectifs de surface, si elles contribuent à l'amélioration de son fonctionnement, ne modifient pas fondamentalement la situation financière du système.

Nous examinons donc des solutions dans lesquelles le développement de transports collectifs économiquement performants et la lutte contre l'encombrement automobile, ne peuvent se faire que par des actions directes de modération de la circulation en voiture particulière.

Nous avons testé dans un premier temps les conséquences de mesures tendant à réduire la circulation dans le centre de l'agglomération. Ces mesures, sur lesquelles nous ne nous étendrons pas ici, peuvent être aussi bien des mesures physiques de restriction d'accès au centre (interdiction de certaines rues ou zones, diminution des capacités d'accès ou de débit relativement à la croissance du trafic, ou des capacités de stationnement, etc...) que des mesures tarifaires (extension du stationnement payant, péages...). Les usagers de la voiture particulière seraient incités à dé-localiser leurs itinéraires ou leurs destinations en périphérie, pour éviter un surcoût lié à leur déplacement, surcoût en temps par la congestion dans le centre ou monétaire par le péage.



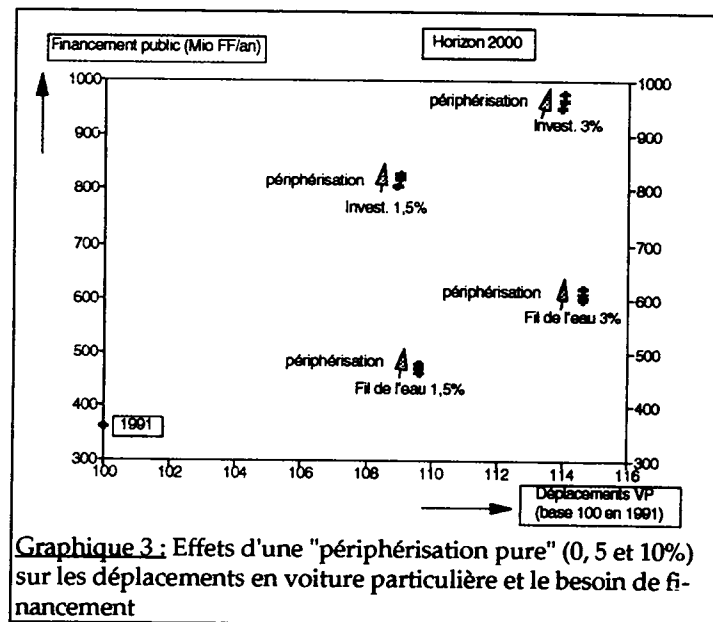
La Communauté Urbaine de Lyon : 55 communes, 1.13 Millions d'habitants en 1990

L'analyse des résultats de l'enquête-ménage de 1986<sup>8</sup> montre que les déplacements quotidiens en origines et destinations entre les grandes zones de l'agglomération (cf. carte) se font essentiellement par déplacements internes à ces zones ou par relations de voisinage tangentes au centre de l'agglomération : les déplacements transversaux entre Sud-Ouest et Nord et entre Est et Nord-Ouest sont très marginaux par rapport au total (de l'ordre de 1 pour 1000). Cela signifie que, si l'on excepte le trafic de transit externe à l'agglomération, le report en périphérie de déplacements effectués dans le centre se traduira par :

- des modifications d'itinéraires des voitures particulières pour des activités continuant à se dérouler dans le centre : par exemple contournement par la périphérie dans le cas d'un péage de traversée des ponts de la presqu'île ou d'une diminution de l'accessibilité physique au centre ;
- un report partiel des déplacements de la voiture particulière vers les transports collectifs, pour accéder au centre ;
- une diminution des déplacements dans le centre par abandon de certains déplacements (cas des loisirs ou des achats) ou report de certaines activités en périphérie, à moyen ou long terme.

**Une diminution de la circulation en voiture particulière dans le centre provoque, toutes choses égales par ailleurs, une aggravation de la congestion en banlieue et une dégradation du fonctionnement global des transports collectifs**

Nous avons simulé un fonctionnement du système dans lequel jusqu'à 10% des flux de véhicules originaires de, à destination de, ou circulant dans le centre seraient reportés en périphérie. Les résultats de cette simulation montrent une diminution nette par rapport à 1991 de la part de marché des transports collectifs, ou au mieux une stagnation dans le cas d'une croissance économique modérée, et une baisse de la vitesse commerciale sur l'ensemble du réseau.



**Graphique 3 :** Effets d'une "périphérisation pure" (0, 5 et 10%) sur les déplacements en voiture particulière et le besoin de financement

<sup>8</sup> Base de données la plus récente sur les déplacements dans l'agglomération lyonnaise. Environ 1.600.000 déplacements en voiture particulière et plus de 500.000 déplacements en transports collectifs. Source : DDE-SYTRAL, 1987, 1988.

tre. Mais l'offre réalisée en surface dans le centre étant peu importante par rapport à l'offre totale du réseau, l'impact sur la vitesse commerciale globale sera relativement faible.

En outre 10% des déplacements en voiture particulière en moins dans le centre représentent près de 96.000 déplacements, soient 16% de déplacements supplémentaires en périphérie (niveau de près de 130 au lieu de 114, à l'horizon 2000 en périphérie, par rapport à une base 100 en 1991). Cela va générer de forts encombrements en banlieue, là où la vitesse commerciale du réseau de surface était la plus forte. L'effondrement de cette vitesse, qui concerne une grande partie de l'offre totale de surface, va agir de manière importante dans la détermination de la vitesse commerciale globale du réseau. Cette dégradation, non compensée par la hausse de la vitesse commerciale de surface au centre, va automatiquement entraîner une diminution de la demande de déplacements en transports collectifs.

Il est bien évident que la prise en compte de la création de voiries nouvelles en banlieue (CD300, périphérie ouest), peut infléchir ces conclusions pessimistes. En effet, cette offre nouvelle conduirait à amender la relation vitesse-encombrement en banlieue. En l'état actuel de développement du modèle, nous ne pouvons intégrer directement ces données. Toutefois nous pouvons remarquer qu'un niveau de déplacements en voiture particulière de 130 en banlieue (base 100 en 1991), implique pour obtenir des conditions de circulation similaires à aujourd'hui, une augmentation de l'ordre de 30% de la capacité d'écoulement par la voirie.

Du fonctionnement dégradé des transports collectifs découle logiquement une aggravation des déficits : baisse de la vitesse commerciale globale du réseau, donc progression des coûts d'exploitation, diminution de la demande de déplacements en transports collectifs, donc diminution des recettes.

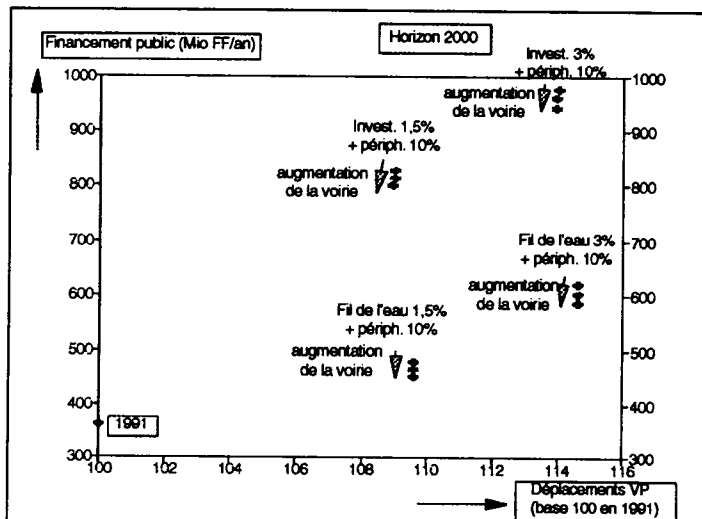
Ainsi une simple périphérisation des flux en voiture particulière du centre vers la banlieue ne fait que déplacer les problèmes de congestion, et aggrave la situation financière d'ensemble des transports collectifs urbains. Globalement, les déplacements en voiture particulière demeurent inchangés mais cette apparence masque une forte hausse de la circulation en banlieue.

**Diminuer alors la congestion en périphérie en y augmentant la capacité de la voirie...**

L'étape suivante des simulations consiste à introduire les effets d'augmentation de la capacité de voirie en banlieue, une partie de cette augmentation étant déjà programmée.

Nous considérons ici le report en périphérie de 10 % des déplacements en voiture particulière effectués jusqu'ici dans le centre, et une progression de l'offre de voirie en banlieue. La création de voirie supplémentaire en banlieue implique, à demande constante, une amélioration des conditions de circulation, tant pour la voiture particulière que pour les bus. Le modèle QUINQUIN ne permettant pas de simuler l'encombrement résultant de l'interaction entre capacité de la voirie et niveau de déplacements en voiture particulière, nous nous contentons de faire deux hypothèses d'augmentation de la capacité de voirie qui aboutiraient à une baisse de 5% et de 10% du niveau d'encombrement. Remarquons qu'il s'agit là d'une amélioration de

durée limitée, une offre en voirie nouvelle générant le plus souvent à terme des déplacements supplémentaires en voiture particulière.



Graphique 4: Effets d'une "périphérisation" de 10% des déplacements en voiture particulière et d'une augmentation de la capacité de la voirie en banlieue (0, 5 et 10%), sur les déplacements en voiture particulière et le besoin de financement

La hausse de la vitesse commerciale globale du réseau entraîne, à niveau d'offre constant, une diminution des coûts d'exploitation. De plus, la hausse de la demande de déplacement en transport collectif génère une progression des recettes usagers. De ce fait, le besoin de financement public décroît sensiblement.

La prise en compte de l'augmentation de capacité de la voirie en périphérie permet donc, dans le cas d'un report partiel en périphérie des déplacements en voiture particulière, d'absorber cette augmentation de circulation en périphérie. Le fonctionnement du réseau de surface en banlieue revient à un niveau acceptable. Toutefois les ordres de grandeur du besoin de financement public varient peu.

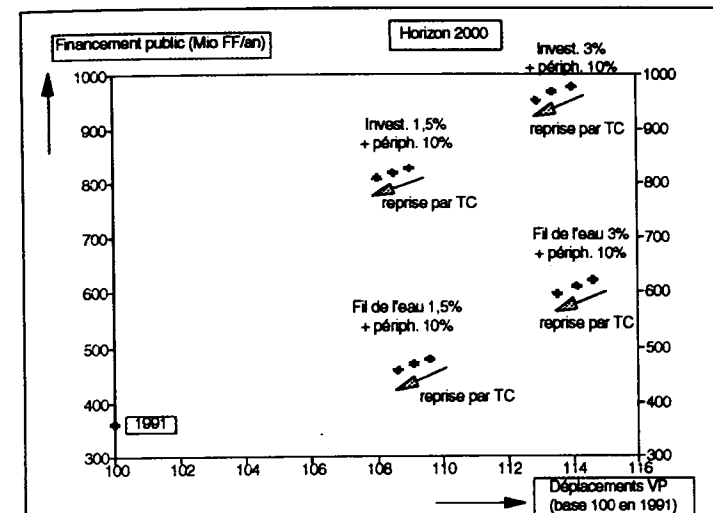
#### ... et reprendre une partie des déplacements au centre par les transports collectifs

Les contraintes de localisation de certaines activités font que le report de déplacements en voiture particulière effectués auparavant dans le centre (à l'intérieur ou en origine ou destination) vers la périphérie ne se fera pas uniquement par modification des itinéraires ou même dé-localisation des activités. Pour que les déplacements en voiture particulière diminuent effectivement, il faudra que les transports collectifs en reprennent une partie. En outre, face à la dégradation du fonctionnement du réseau de surface, suite à l'accroissement de la circulation en banlieue, ce réseau devra bénéficier de mesures de protection supplémentaires.

Nous considérons ici, par rapport à une périphérisation de 10 % des déplacements en voiture particulière (soient 96.000 déplacements en 1986), un report de 10% et 20% de ces déplacements sur le réseau de transports collectifs.

La prise en compte de cette offre nouvelle inverse les résultats que nous obtenions précédemment. En effet, sans création de voirie nouvelle, l'encombrement était tel en banlieue que la vitesse commerciale des bus de banlieue et par conséquent la vitesse moyenne globale du réseau était en régression. Ici, la vitesse commerciale du réseau global est améliorée de 0,7 à 1 km/h, entraînant par attraction de la clientèle une augmentation de la demande de déplacement en transports collectifs de 1,2 à 1,6%.

La hausse de la vitesse



Graphique 5: Effets d'une "périphérisation" de 10% des déplacements en voiture particulière et d'une reprise partielle de ces déplacements (0, 10 et 20%) par les transports collectifs, sur les déplacements en voiture particulière et le besoin de financement

Selon les résultats de l'enquête-ménage de 1986, le rapport des déplacements en transports collectifs sur ceux en voiture particulière est de l'ordre de 1 à 2 dans le centre, et de 1 à 3 sur la totalité de la Courly. La récupération par les transports collectifs de 20 % des 96.000 déplacements en voiture particulière périphérisés, fait diminuer ces déplacements en voiture particulière de 1 point au niveau de l'agglomération. En toute logique, les déplacements en transports collectifs devraient progresser de 3 points. Mais la dynamique du modèle, considérant un ni-

veau d'encombrement persistant, ramène cette progression à 2,3 ou 2,8 points, selon le niveau de croissance des revenus. Toutefois, par rapport à une situation sans report modal, les déplacements en voiture diminuant, la vitesse commerciale globale du réseau s'améliore légèrement.

La progression de la vitesse commerciale agit favorablement sur les coûts d'exploitation. La demande de déplacement en transports collectifs, gonflée par la récupération d'une part des flux en voiture particulière périphérisés et par un réseau plus attractif (vitesse en hausse), génère de nouvelles recettes commerciales. Si globalement le besoin de financement public diminue par rapport à une situation sans report modal, cette diminution n'est au maximum que de 2,5% à 4% selon que l'on investit ou non.

Comme le montre le graphique ci-contre, des mesures aboutissant à un *report modal* d'une partie des déplacements en voiture particulière sur les transports collectifs, sont, à besoin de financement similaire, *plus efficaces du point de vue de l'encombrement que la simple mise à disposition de voirie supplémentaire en banlieue*, dont nous n'intégrons d'ailleurs pas le coût.

#### Les mesures de gestion multi-modale à moyen terme ont cependant un impact limité

En résumé, que la périphérisation des déplacements en voiture particulière se fasse avec ou sans récupération partielle par les transports collectifs, nous conservons un fort niveau de déplacements en voiture particulière et de forts niveaux de besoin de financement public, et ce d'autant plus s'il y a investissement. Il en est de même pour les mesures de protection du réseau de transports collectifs de surface.

Nous touchons donc les limites de diverses mesures de gestion multi-modale, prises isolément. Il est probable que leur action combinée permettrait d'arriver à des

résultats appréciables. Cependant, avant d'en évaluer la portée, nous allons tester d'autres mesures d'investissements alternatifs au métro.

### INVESTIR AUTREMENT ?

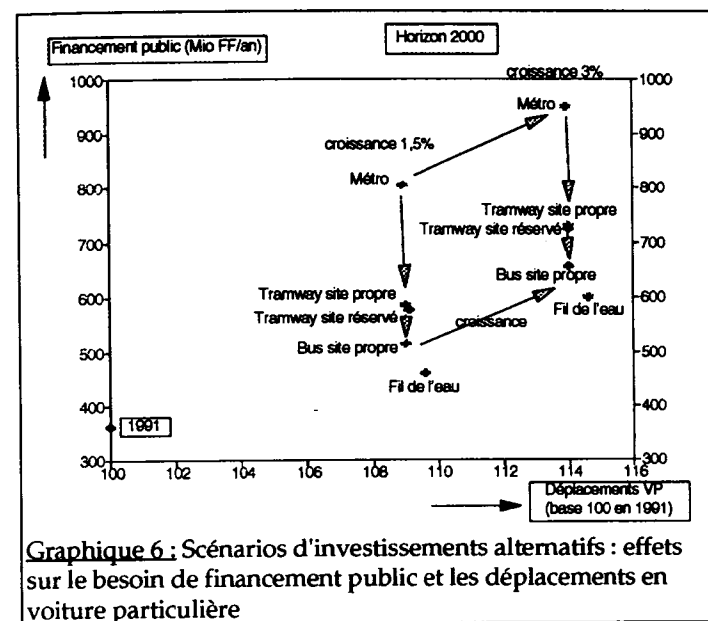
Les actions précédemment testées étaient des mesures de gestion à court ou moyen terme, susceptibles à la fois d'améliorer le fonctionnement des transports collectifs, donc de réduire leurs coûts d'exploitation, et de lutter contre la congestion automobile. L'autre type d'action possible pour réduire la charge financière est de proposer des solutions d'investissement alternatives au "tout métro" qui répondraient à la croissance prévisible de la demande tout en n'exigeant pas d'investissements aussi lourds.

Nous avons donc testé dans cette partie l'introduction d'investissement dans des modes moins onéreux que le métro. *Ces modes alternatifs ont été choisis en substitution aux prolongements de métro prévus de telle sorte qu'ils puissent répondre à la demande potentielle de chaque projet, tout en offrant des conditions de rapidité et de confort appréciables.*

Par rapport au PMT nous substituons au métro une technologie de tramway en site propre (vitesse commerciale de 22,5 km/h), de tramway en site réservé (18 km/h) ou de bus en site propre (22,5 km/h). Deux prolongements ont été conservés en mode métro, Gorge de Loup-Vaise et Salengro, étant donné qu'ils correspondent à des prolongements de courte distance, en bout de ligne métro et à forte demande potentielle.

Comme nous l'avons souligné en introduction, QUINQUIN ne nous permet pas de prévoir les nouvelles demandes en transports collectifs liées aux nouveaux investissements : nous avons donc pris pour base les prévisions effectuées par la SEMALY dans le cadre du PMT. Nous avons considéré que, au cas où les prolongements seraient effectués par du tramway ou du bus en site propre au lieu du métro, *la demande supplémentaire serait en diminution de 20% par rapport à celle calculée dans l'hypothèse "métro"*, du fait des ruptures de charge prévisibles et du remplacement du métro par une technologie moins "marquante".

L'affirmation qu'un remplacement des prolongements des lignes de métro par du tramway ou du bus en site propre aboutit à reprendre au moins 80% de la demande prévue initialement peut sembler téméraire. En fait, investir autrement sous forme de technologies plus diffuses que le métro suppose un tout autre schéma d'aménagement, en termes non pas de prolongements des lignes de métro mais d'un réseau maillé articulé autour d'axes lourds métro sur lesquels la demande serait rabattue par des technologies intermédiaires, au travers de pôles d'échange multi-modaux judicieusement implantés et agencés. Dans ces conditions nous pensons qu'une telle configuration en réseau est capable de capter au minimum ce niveau de clientèle.



Graphique 6 : Scénarios d'investissements alternatifs : effets sur le besoin de financement public et les déplacements en voiture particulière

par ces alternatives. Il en est de même pour ce qui est des coûts d'exploitation. L'impact sur le niveau de la demande étant faible, nous obtenons des recettes commerciales peu différentes.

Par contre, la charge de la dette se trouve grandement allégée. Elle diminue d'environ 26 % pour les scénarios de tramway et de 32 % pour le bus en site propre. Ainsi, pour le scénario de tramway en site propre, le besoin de financement public diminue d'environ 220 Mio FF par rapport à un investissement "tout métro", d'environ 230 Mio FF pour le tramway en site réservé, et d'environ 290 Mio FF pour le bus en site propre. En termes de pression fiscale, qui nivelle les effets de la croissance sur les résultats, nous passons d'une progression de près de 90% pour le scénario métro, à des croissances de 36% à 46% pour les scénarios tramway, et de 21% à 30% pour le scénario de bus en site propre, selon le niveau de croissance retenu.

L'investissement selon divers modes alternatifs au métro a des implications financières conséquentes. Cela s'explique par le fait que la charge de la dette constitue une part importante du besoin de financement public. Par contre ces alternatives influent très peu sur la répartition des déplacements entre la voiture particulière et les transports collectifs. *Elles laissent intact le problème de l'encombrement découlant du niveau de déplacements en voiture particulière.*

### COMBINER L'INVESTISSEMENT ET DES POLITIQUES DE GESTION MULTI-MODALE POUR RESOUDRE LA CRISE FINANCIERE ET LA CRISE DE L'ENCOMBREMENT

Nous avons alors bâti des scénarios qui combinent différentes politiques permettant de résoudre les deux types de crise, crise financière et crise de l'encombrement.

Nous sommes partis en première alternative au "tout métro", des scénarios de tramway en site propre et de bus en site propre précédemment évalués. Puis nous appliquons progressivement :

Dans ces scénarios, quelque soit le mode de substitution envisagé, les résultats des simulations montrent que la demande en transport collectif est, sur l'ensemble de l'agglomération, inférieure d'environ 2 points à celle du scénario de prolongements en métro en 2000. Cette demande est d'autant plus faible que l'on considère un mode moins performant du point de vue de la vitesse commerciale (tramway en site réservé). Les déplacements en voiture particulière sont très peu affectés

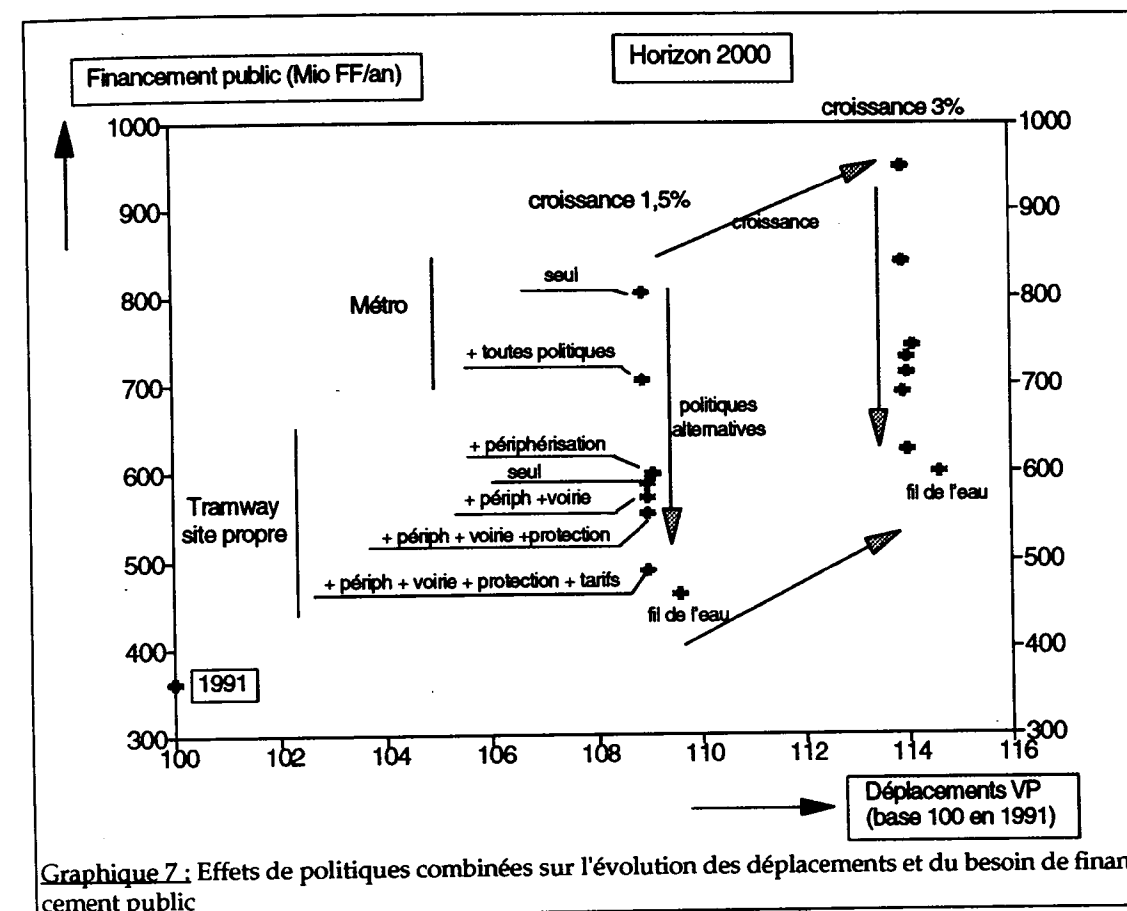


- une action d'éviction de la voiture particulière du centre de l'agglomération à hauteur de 5% des déplacements en voiture particulière ;
- nous tenons compte d'une augmentation de capacité de la voirie en banlieue que, faute d'évaluation précise, nous estimons équivalente à 10% de baisse de l'encombrement en périphérie ;
- une protection supplémentaire de 10 % de l'offre du réseau de surface, tant dans le centre que dans la banlieue de l'agglomération ;
- une hausse des tarifs des transports collectifs de 1 % par an (en francs constants).

Ces introductions successives sont analysées sous les deux hypothèses de croissance des revenus, à 1,5% et à 3%. Nous présentons ci-dessous à titre d'exemple le scénario global de politiques combinées relatif au tramway en site propre et, pour comparaison, le même relatif au scénario métro. Les résultats appellent essentiellement six commentaires :

- ces différentes actions n'ont pratiquement pas d'impact sur le niveau global des déplacements en voiture particulière, fortement déterminé par l'environnement économique ;
- comme nous l'avons vu précédemment, une action de "périphérisation pure" des déplacements en voiture particulière est défavorable globalement au fonctionnement des transports collectifs, à cause de l'aggravation de l'encombrement en banlieue ;
- ajouter l'augmentation de capacité de voirie en banlieue et des mesures de protection du réseau revient à maximiser la demande en transports collectifs ; les efforts de protection de la vitesse commerciale des bus de banlieue seront d'autant plus impératifs à réaliser que les flux périphérisés seront importants (10% contre 5%) ; ces actions sont nécessaires pour faire significativement diminuer le déficit ;
- par contre une hausse tarifaire régulière fait chuter la demande en transports collectifs à l'un de ses plus bas niveaux ;
- le métro reste la technologie la plus performante du point de vue technique pour la demande en transports collectifs ; compte tenu de nos hypothèses, les technologies de tramway ou de bus en site propre ne se différencient qu'assez peu entre elles ; mais, hors actions complémentaires, l'investissement en tramway au lieu du métro permet d'économiser 220 MioFF par an à l'horizon 2000 ; avec un investissement en bus en site propre, l'économie réalisée est de près de 300 MioFF par an ;
- enfin la hausse tarifaire, dont on a vu qu'elle faisait diminuer la demande en transports collectifs, permet d'économiser de 57 à 66 MioFF par an.

Même si toutes les actions testées sont combinées, le besoin de financement public est en progression par rapport à 1991 : pour 1,5% de croissance des revenus, de 35 à 37% pour le tramway et de 15 à 17% pour le bus en site propre, contre 94% à 97% pour le métro dans les mêmes conditions ; pour 3% de croissance des revenus, la progression de ce besoin de financement est de 73% à 75% pour le tramway et de 52 à 54% pour le bus, contre 133% à 136% pour le métro. En termes de pression fiscale, ces variations sont atténuées. On obtient même pour le bus en site propre, à 1,5% de croissance des revenus, une diminution de 1 à 3% de cet indicateur par rapport à 1991.



On constate dès lors que la solution d'investissement en tramway en site propre est, du point de vue financier, une solution grandement attractive. Il en est de même pour la solution du bus en site propre qui se situe financièrement à un niveau de déficit inférieur. Ces solutions sont en fait des alternatives d'investissement moins coûteuses qui, compte-tenu des prévisions, sont susceptibles de répondre à la demande du point de vue des capacités, avec des coûts d'exploitation similaires. La baisse du besoin de financement public est expliquée essentiellement par celle des annuités d'emprunt.

Ces solutions alternatives sont équivalentes du point de vue de l'encombrement, puisqu'elles laissent les niveaux globaux de déplacements en voiture particulière à un niveau proche de la solution "tout métro". Néanmoins, quelque soit le type d'investissement, celui-ci doit être optimisé par une politique globale sur l'affectation de la voirie. Le niveau d'encombrement sera moins élevé dans le centre que dans la périphérie si l'on mène une action de "périphérisation" de la voiture particulière : cette action devra être accompagnée des augmentations de capacité en voirie en banlieue, certaines étant déjà planifiées, et couplée à des mesures de protection du réseau de surface en banlieue.

Cependant, même dans le cas de la combinaison optimale de ces politiques, le niveau de déplacements en voiture particulière ne baisse pas significativement : le seul cas où il baisse est celui précédemment testé d'une reprise partielle des déplacements "périphérisés" par les transports collectifs. Enfin ces politiques combinées

laissent malgré tout le déficit à un niveau élevé, d'autant plus si la croissance économique est forte.

### **L'IMPOSSIBILITE DE DIMINUER SIGNIFICATIVEMENT LE NIVEAU DE CIRCULATION EN VOITURE PARTICULIERE ET LA NECESSITE DE TROUVER DE NOUVELLES RESSOURCES FINANCIERES**

Ces différentes simulations montrent en effet que :

- la politique de non-investissement ("fil de l'eau") est inacceptable pour Lyon puisqu'elle aboutit à une aggravation de la congestion et du déficit des transports collectifs ;
- l'investissement en transports collectifs sans action sur la circulation en voiture particulière ne jugulera pas la congestion et peut amener à une explosion du déficit ;
- il faut alors agir directement sur la circulation en voiture particulière dans le centre ; l'éviction partielle de la voiture particulière du centre impose des investissements supplémentaires pour augmenter la capacité de la voirie en banlieue ;
- cette même éviction n'est réellement efficace du point de vue de la congestion, que s'il y a reprise partielle de ces déplacements en voiture particulière par les transports collectifs, ce qui nécessite une amélioration supplémentaire de l'offre : il s'agit d'offrir une alternative "valable" du point de vue de l'usager de la voiture particulière (confort, flexibilité temporelle et spatiale) ;
- s'il existe des alternatives d'investissement financièrement moins lourdes pour la collectivité, le niveau de déficit reste élevé, quelque soient ces alternatives ;

En résumé, il est possible en investissant moins lourdement et en combinant des politiques de gestion multi-modale, de contenir quelque peu la croissance des déplacements en voiture particulière et d'éviter une explosion des déficits financiers. Le seul moyen par contre de faire reculer significativement le niveau de déplacements en voiture particulière prévu à l'horizon 2000 est de provoquer un report modal significatif vers les transports collectifs. Cela implique d'une part des incitations au report modal, réglementaires ou tarifaires, d'autre part des améliorations supplémentaires de l'offre en transports collectifs pour que ceux-ci constituent une alternative attractive pour l'usager de la voiture particulière, donc de nouveaux investissements.

### **LA QUESTION INELUCTABLE DU PEAGE URBAIN : UN ENJEU POUR LA CAPACITE D'INVESTISSEMENT DES COLLECTIVITES LOCALES**

La nécessité de réduire les déplacements en voiture particulière, notamment dans le centre, passe certainement par des mesures cohérentes avec cet objectif de réduction : offrir des possibilités de contournement complet de l'agglomération, contournement gratuit ou en tout cas moins cher en coût généralisé (prix + temps) que le passage par le centre ; restreindre le "confort d'accès" (temps porte à porte) au centre en voiture particulière relativement aux transports collectifs en limitant les investissements routiers d'accès au centre, en réglementant l'accès et en y limitant les facilités de stationnement : le fait de pouvoir stationner sur son lieu de travail apparaît

en effet comme un facteur presque aussi défavorable à l'usage des transports collectifs que le fait de disposer d'une voiture<sup>9</sup>.

On ne peut toutefois se contenter de mesures de régulation physiques (laisser la congestion se développer) ou réglementaires (interdire certains accès à certaines heures...) : ces mesures peuvent avoir des effets pervers soit de contournement de la réglementation soit sur les possibilités de développement économique des zones concernées. Un moyen complémentaire de régulation est la tarification de l'usage de la voirie. C'est une première justification pragmatique du péage urbain, comme moyen de modifier les comportements en faveur des transports collectifs, donc de freiner la croissance des déplacements en voiture particulière.

La nécessité d'une poursuite de l'investissement en transports collectifs, conjointement aux investissements en voirie en périphérie, implique la recherche de nouvelles sources de financement : or il apparaît que toute amélioration de l'offre en transports collectifs, par le surcroît de fluidité qu'elle procure, bénéficie de manière non négligeable aux usagers de la voiture particulière<sup>10</sup>. C'est une deuxième justification de la tarification directe de l'usage de la voirie urbaine que ce soit en espace circulaire ou en espace de stationnement : le produit de cette tarification servirait en partie au financement des transports collectifs.

Le péage urbain serait donc un *élément d'une politique globale des transports* visant à un fonctionnement de la ville au meilleur coût économique et social : en tant qu'élément, il serait combiné à des mesures de régulation physique, à des investissements en voirie urbaine en périphérie et à des investissements en transports collectifs. La nécessité de ces investissements apparaîtrait comme une justification de la perception de ce péage, la répartition de son produit devant faire l'objet d'un consensus entre les différentes catégories de bénéficiaires<sup>11</sup>.

Nous ne mésestimons pas, loin de là, les difficultés d'introduction de systèmes de péage urbain. Les difficultés techniques semblent les moins importantes, au vu des progrès de miniaturisation de l'électronique, qui ne passent pas forcément pas une violation de la vie privée<sup>12</sup>. L'estimation des réactions de comportement de déplacements des citoyens nécessite des études plus poussées et demande le développement ou l'adaptation d'outils méthodologiques déjà éprouvés (modèles de prévision à base d'élasticités prix-temps ou modèles de simulation à base de "préférences déclarées"). Par contre les difficultés d'ordre politique et social (effets redistributifs) liées à l'introduction de systèmes de péage urbain sont autrement redoutables. Ces différents aspects sont repris dans les autres communications de cette conférence.

Nous avons, à titre d'exercice mené, une estimation grossière de l'impact financier d'un péage urbain à Lyon sur la gestion des investissements en transports.

<sup>9</sup> Massot, 1991. Voir aussi Jones, 1989, pour une revue des mesures de restriction de trafic dans les zones urbaines.

<sup>10</sup> Bonnafous, 1990.

<sup>11</sup> Goodwin, 1989.

<sup>12</sup> La peur de "Big Brother" qui a été à l'origine entre autres du rejet du péage à Hong-Kong.

## Un péage de cordon

Nous nous sommes fondés sur l'exemple récent d'Oslo, puisque le plus proche de nous. A Oslo, un péage de cordon a été introduit le 1<sup>er</sup> Février 1990, dans le but unique de financer des investissements routiers majeurs. Le péage concerne uniquement les véhicules entrant à 17 portes de l'agglomération, couvrant la majeure partie du trafic. Le péage était fin 1990 de 10 NKR soit environ 11 FF<sup>13</sup>. Les comptages de trafic indiquaient fin 1990 une diminution de 5 % des déplacements en voiture particulière, sans qu'il soit possible de lier fermement cette diminution au péage<sup>14</sup>. Le coût du système de perception était estimé en 1991 à 70 Mio NKR pour l'exploitation auquel il faut ajouter 26,6 Mio NKR d'investissement annuel actualisé comprenant la construction des plate-formes de péage, des équipements et de l'électronique<sup>15</sup>. Les auteurs estiment alors le coût unitaire de perception à 1,20 NKR soit environ 1,3 FF par déplacement taxé.

Si nous appliquons ces résultats à l'agglomération lyonnaise, nous pouvons supposer qu'un péage de 10 francs pour entrer dans le centre (Lyon-Villeurbanne), soit un coût mensuel compris entre 200 et 250 francs, permettrait d'aboutir à notre diminution de 5 % de déplacements en voiture particulière dans ce centre.

Ce péage concernerait selon l'enquête-ménage de 1986, 445.252 déplacements dans les deux sens entre centre et périphérie<sup>16</sup>. Chaque véhicule ayant un taux d'occupation moyen de 1,3 personnes<sup>17</sup>, on obtient donc 171.250 véhicules qui rentraient tous les jours dans le centre (Lyon-Villeurbanne). En appliquant la diminution de 5%, cela ferait environ 160.000 véhicules taxés. Si l'on retient comme hypothèse que le péage est appliqué 10 mois par an, et que les déplacements s'effectuent sur 23 jours par mois, le montant global du péage peut être estimé à 368 MioFF/an, sans tenir compte de l'augmentation des véhicules circulant à l'horizon 2000.

Les dépenses s'établissent pour 160.000 véhicules taxés environ 250 jours par an à un ordre de grandeur de 50 Mio FF/an, si l'on applique le ratio de Oslo. Il convient de rester bien sûr très prudent quant à l'estimation du coût de perception du péage<sup>18</sup>.

Ces recettes de l'ordre de 300 Mio FF/an au minimum sont à rapporter au besoin de financement public qui est de l'ordre de 500 à 600 Mio FF/an (selon les hypothèses de croissance) pour le scénario de combinaison de politiques autour du tramway en site propre et de l'ordre de 700 à 850 Mio FF/an pour le même scénario autour du métro.

<sup>13</sup> En 1988, 1 ECU = 7,70053 NKR = 7,03643 FF, d'où 1 NKR = 1,09438 FF. Produit intérieur brut aux prix du marché par habitant (aux prix et parités de pouvoir d'achat courants), exprimé en Standard de Pouvoir d'Achat (SPA) : Norvège = 20635 SPA, France = 17168 SPA. Source : Eurostat, 1990.

<sup>14</sup> Larsen, Ramjerdi, 1990.

<sup>15</sup> Un système de perception électronique doit être mis en place progressivement.

<sup>16</sup> DDE, SYTRAL, 1988.

<sup>17</sup> Taux d'occupation des véhicules en zone 4, la plus extérieure, de l'enquête-ménage (ces taux varient de 1,28 à 1,32 selon les zones avec une moyenne globale de 1,29). Source Enquête-ménage 1986.

<sup>18</sup> Si l'on applique le ratio sur 365 jours par an, on obtient un coût de perception d'environ 75 Mio FF/an.

## Un péage de zone

Nous supposons cette fois-ci l'introduction d'un péage de circulation dans toute la zone du centre de l'agglomération. Tout véhicule circulant dans le centre devrait acquitter une taxe unique permettant une libre circulation.

Selon l'enquête-ménage de 1986, 956.412 déplacements étaient effectués en voiture particulière à destination de, ou dans le centre. Avec un taux d'occupation moyen de 1,29 personnes par véhicule sur l'ensemble de l'agglomération et une intensité d'utilisation des véhicules de 2,98 déplacements par conducteur, par voiture et par jour, cela donne 248.794 véhicules susceptibles d'être taxés, sans tenir compte de l'augmentation des véhicules circulant à l'horizon 2000.

En faisant l'hypothèse que pour un péage quotidien de 10 F, la baisse des déplacements en voiture particulière s'établirait à 5%, les recettes du péage s'établiraient entre 500 et 600 Mio FF par an. Les coûts du système de perception sont dans ce cas nettement plus difficiles à estimer, qu'il s'agisse du contrôle ou des moyens de lutte contre la fraude<sup>19</sup>. Néanmoins les progrès de l'électronique aidant, il est tout à fait concevable de prévoir des systèmes légers d'enregistrement automatique embarqués à bord des véhicules entrant régulièrement en ville<sup>20</sup>.

Il reste le problème de la gestion globale des déplacements. Il est bien évident qu'une diminution nette de 5% ou 10% des déplacements dans ou vers le centre de l'agglomération pourraient enclencher un processus de dépérissement de l'activité du centre. Pour éviter cela, un substitut à la voiture particulière est indispensable.

### Conséquences sur le réseau de transport collectif.

Le montant global du péage peut couvrir en partie les besoins de financement public que nous avons estimés à l'horizon. Dans cette hypothèse, un développement plus important du réseau de transport collectif pourrait être envisagé. Et ce d'autant plus qu'une offre en transport collectif efficiente, comme substitut acceptable à la voiture particulière, est impérative face à cette politique de pénalisation de la voiture particulière.

Dans ce cadre, on pourrait retenir comme hypothèse le fait que le péage corresponde à un abonnement de transports en commun plein tarif (243 francs en 1991). Le droit de circuler dans le centre serait soumis à l'affichage sur le pare-brise des véhicules particuliers de l'abonnement en transport collectif. L'abonnement étant acheté, les usagers auraient alors le choix de se déplacer soit en voiture particulière, soit en transports collectifs. Dans cette hypothèse, on peut penser que les reports vers ce dernier mode seraient plus importants que ce que nous avons envisagés. Mais ces hypothèses demeurent soumises à un développement conséquent du réseau de transport collectif.

<sup>19</sup> A Singapour, le contrôle est manuel. Il est vrai également que le système répressif est beaucoup plus efficace dans une société culturellement bien différente de la nôtre !

<sup>20</sup> Cf les projets de tarification de l'encombrement ("Congestion pricing") à Cambridge (G-B), les expérimentations du PIAF pour le stationnement à Lyon...



## CONCLUSION

Nous pensons avoir suffisamment démontré ici la puissance du modèle de simulation qui permet d'esquisser le champ des avenir possibles qui s'ouvrent à Lyon et son agglomération à l'horizon 2000. Ce champ apparaît relativement fermé, sous l'hypothèse des investissements projetés, et si rien n'est fait pour éviter les dérapages dus à l'encombrement croissant et aux déficits financiers qui se creusent.

Soulignons cependant que ce modèle n'opère que dans le système de transport urbain, à un horizon de l'ordre de la dizaine d'années. Il ne prend pas en compte les facteurs d'urbanisation qui à travers la dissociation spatiale entre activités d'habitat, de travail, d'achats et de loisirs, contribuent à la croissance des déplacements. Ces facteurs renvoient à autant de variables de commande du système urbain à moyen ou long terme.

Les mesures de gestion à court ou moyen terme que nous avons testées, à savoir la protection accrue du réseau de surface et l'éviction partielle des voitures particulières du centre-ville, montrent assez vite leurs limites en tant que parades aux risques de dérapage. Ce n'est que si l'on investit encore plus dans la voirie en périphérie que l'écoulement des flux de déplacements peut se faire de manière acceptable. En outre la seule mesure qui permet de faire baisser le niveau global de déplacements en voiture particulière consiste à faire reprendre une partie de ces déplacements par les transports collectifs, notamment en direction du centre.

Cela suppose que les transports collectifs soient un substitut acceptable tant pour l'accessibilité que pour la rapidité, et donc de faire évoluer l'offre pour répondre à une clientèle plus exigeante. Se pose alors de nouveau le problème du financement de ce réseau en nécessaire évolution.

Cette contradiction est-elle insurmontable ? Non, si l'on fait financer partiellement ce développement du réseau de transports collectifs par les bénéficiaires indirects du système, à savoir entre autres les usagers de la voiture particulière. La taxation des usagers de la voiture particulière présenterait dès lors un double avantage : d'une part, elle permet de financer, en y affectant une partie des ressources, le développement du réseau de transports collectifs, d'autre part, elle permet de ralentir le développement de l'usage de la voiture particulière, ce qui rejoint notre préoccupation première.

Si les choix économiques sont relativement clairs, les choix politiques ne le sont sans doute pas. Mais les collectivités locales ne peuvent échapper à cette question si elles veulent préserver une certaine maîtrise du devenir des transports urbains et donc du développement de la ville.

## Références

BONNAFOUS (A.), *Simulation du financement du transport urbain : le modèle QUINQUIN*, Transports Urbains n°54, GETUM, janvier-mars 1985.

BONNAFOUS (A.), *Les contreparties du subventionnement des transports publics en termes de qualité de vie*, Conférence sur l'amélioration de la circulation et de la qualité de vie dans les grandes villes, Göteborg, 12-14 juin 1990.

BOUF (D.), *Un nouvel instrument d'analyse stratégique pour la RATP : le modèle GROS-QUINQUIN*, Thèse d'Université en économie des transports, Université Lumière Lyon 2, novembre 1989.

DDE-SYTRAL, *Enquête ménages déplacements de Lyon* : Cahier n°1, Janvier 1987 ; Cahier n°3, Janvier 1988.

EUROSTAT 1A, Office des Publications Officielles des Communautés Européennes, Luxembourg, 27e édition, 1990.

GOODWIN (P.B.), *The Rule of Three : a possible solution to the political problem of competing objectives for road pricing*, TSU, Oxford, Oct. 1989.

JONES (P.M.), *The restraint of road traffic in urban areas : objectives, options and experiences*, Rees Jeffreys Discussion Paper 3, TSU, Oxford, Oct. 1989, 77p.

LARSEN (O.), RAMJERDI (F.), *The toll rings in Norway in the perspective of road pricing*, PTRC Conference on "Practical possibilities for a comprehensive transport policy with and without road pricing", London, 5 December 1990.

LET, *Financement des transports urbains. Actes du colloque international de septembre 1984*, LET, Lyon, 1er semestre 1985, 863 p.

MASSOT (M.-H.), *Le rôle de l'offre en transport en commun urbain sur leurs usages dans les villes sans site propre*, Communication présentée à la 6ème Conférence internationale sur les comportements de déplacements, Québec, 22-23-24 mai 1991.

RAUX (C.), ANDAN (O.), BONNEL (P.), *Les analyses des comportements de mobilité individuelle quotidienne. Une synthèse bibliographique*, LET, Lyon, Juillet 1988, 118 p.

RAUX (C.), TABOURIN (E.), *Les investissements en transports collectifs dans l'agglomération lyonnaise : simulation des effets et risques financiers*. Etude commanditée par la COURLY, Lyon, Septembre 1991, 70 p. + rapport annexe.

TABOURIN (E.), *Un modèle de simulation du financement public des transports collectifs urbains à l'horizon 2000 : le modèle QUINQUIN*, revue Transport Environnement Circulation n°87, mars-avril 1988, p.23-28

TABOURIN (E.), *Un modèle de simulation du financement des transports collectifs urbains à l'an 2000 : le modèle QUINQUIN, Application à l'agglomération lyonnaise*, Thèse d'Université en économie des transports, Université Lumière Lyon 2, septembre 1989.

# LE PÉAGE URBAIN, UNE SOLUTION AUX CONGESTIONS DES GRANDES VILLES

Julio García Ramón  
Ingénieur en Chef du Département du Trafic de la Ville de Barcelone

## 1. INTRODUCTION

Tout citoyen d'une grande ville regardant autour de lui se rendra compte du grave problème qu'implique la circulation automobile. Les immenses queues devant les feux rouges, les attentes interminables pour garer la voiture, font désormais partie des événements quotidiens que l'individu doit subir pendant la journée, de la même façon qu'il doit travailler, manger ou dormir.

Cependant, cela ne veut pas dire que le citoyen accepte avec plaisir ces désagréments liés au trafic urbain ; au contraire il les subit avec une certaine résignation, de même qu'il travaille quelquefois sans en avoir envie. Cette situation amène toutefois une conséquence évidente : un accroissement considérable de la tension nerveuse, l'un des facteurs qui contribue le plus à provoquer le populaire "stress" si répandu aujourd'hui parmi les habitants des grandes villes.

Devant l'importance du problème, les citoyens suggèrent toutes sortes de solutions non exemptes de bon sens, mais généralement tout à fait inadaptées en raison de la méconnaissance des nombreux facteurs qui provoquent le problème. Heureusement, il y a aussi le point de vue des experts qui essayent de contribuer à la recherche de solutions au problème.

Depuis longtemps une grande diversité de solutions ont été successivement mises en oeuvre en différents lieux et à des époques différentes, mais elles n'ont pas apporté les réponses que l'on attendait d'elles et pour cette raison elles n'ont pas été poursuivies. Si bien que tous les experts s'accordent à dire que la véritable solution, s'il y en a une, est un mélange de diverses solutions plus élémentaires.

Pour ordonner un peu les idées nous classerons toutes les solutions possibles en deux grands groupes. Le premier groupe comprend l'ensemble des solutions qui visent à profiter au maximum de l'offre du réseau de la voirie publique existante grâce à tout un éventail de possibilités permises par le développement technologique. Parmi les mesures les plus communes on trouve :

- la régulation dynamique du trafic,
- le circuit fermé de télévision,
- les voies réversibles,
- la signalisation variable de parkings,
- la signalisation variable d'itinéraires,
- le contrôle d'accès.

Le deuxième type de solutions concerne plutôt la restriction de l'usage du véhicule privé. Celles-ci essayent aussi d'employer tous les avantages procurés par

le progrès de la technologie actuelle, spécialement celui de l'électronique. Parmi elles on trouve celles qui essayent de renseigner l'utilisateur sur la situation du trafic et les alternatives à adopter. Toutes ces solutions ont un dénominateur commun qui est le guidage de l'utilisateur dans sa conduite, puisqu'elles cherchent finalement à modifier le comportement de l'utilisateur, c'est-à-dire la demande. Les principales mesures existantes sont:

- l'information par la presse
- l'information par radio pendant le voyage
- l'information pré-voyage par télétexte
- l'information pré-voyage par vidéo-texte
- le guide automatique de véhicules

Ces techniques sont en général très bien acceptées parce que c'est l'utilisateur lui-même qui prend rationnellement la décision de changer de conduite, sans être contraint d'entreprendre toute une série d'actions. En quelque sorte le citoyen se sent participant au système et en conséquence il a envie de collaborer.

## 2. LA LIMITATION DU TRAFIC

Quoiqu'il en soit, le problème du transport dans les grandes villes se focalise sur l'usage et l'abus des deux grands modes alternatifs : le transport collectif et le transport privé.

Si l'on jette un coup d'oeil à l'aspect qu'offrent habituellement nos grandes villes, nous trouvons immédiatement la réponse que doivent apporter les pouvoirs publics : sans doute, parier pour le transport public.

Cependant, ce pari qui semble évident dans son principe, ne correspond pas de façon évidente à la réalité. Il y a des raisons techniques pour cela. En général le problème a toujours été abordé sous l'angle de mesures qui favorisent la circulation des véhicules de transport public (voies réservées, autorisations de tourner à droite ou à gauche en des lieux précis, chaussées spéciales, etc...), mais les résultats ont toujours été décourageants parce que l'objectif recherché n'a pas été atteint : le transfert modal de la voiture particulière vers les transports en commun. Même avec les systèmes actuels d'aide à l'exploitation qui permettent de régler les intervalles entre les autobus pour garantir au maximum la fréquence, on ne réussit à rendre suffisamment attractifs les transports en commun ; or d'après les enquêtes, la fréquence est la variable à laquelle les usagers sont le plus sensibles.

La véritable raison de cet échec est dans l'élasticité de la demande (qui obéit à des comportements sociologiques) au prix, et qui, dans le cas du transport public est très faible ; une autre raison est en même temps la forte sous-évaluation par l'utilisateur du véhicule privé, du coût de ses déplacements. Ces deux facteurs font que la solution consistant à améliorer unilatéralement le transport public n'est pas suffisante. Il faut donc créer des obstacles à l'usage du véhicule privé.

La plupart des villes utilisent déjà depuis longtemps des mesures de restriction de trafic parmi lesquelles il faut mentionner les réserves d'espace de la voirie publique pour les véhicules de transport collectif (voies BUS), la limitation de la durée de stationnement sur la voirie publique, et le stationnement payant en parkings.

Avec la mise en place de voies exclusivement réservées au transport public, on prétend atteindre deux objectifs :

- d'un côté augmenter la qualité du service public en améliorant les temps de parcours et spécialement la fréquence des autobus, qui est, d'après les enquêtes, la variable à laquelle l'utilisateur est le plus sensible. C'est sans doute une des meilleures méthodes, avec l'amélioration du confort des véhicules, pour aider à la promotion du transport public.

- d'un autre côté, réduire l'espace de la voirie publique affecté aux véhicules privés, ce qui implique évidemment la diminution du nombre de véhicules qui peuvent y circuler. Même si cette affirmation semble évidente, elle ne l'est pas en réalité.

Cependant, la mesure la plus employée jusqu'à présent et qui a connu le plus de succès est la limitation du stationnement ou le stationnement payant. Si l'on part de l'idée qu'une fois que le véhicule privé est arrivé à destination, il doit obligatoirement se garer quelque part, il est évident que toute difficulté imposée pour trouver une place, soit en limitant la durée de stationnement, soit en imposant un prix pour l'usage de la place, peut décourager l'usage de la voiture. En tout cas le succès de cette mesure est subordonné à la stricte discipline des automobilistes, normalement très difficile à obtenir. Ainsi cette mesure augmente notamment l'indiscipline au moment où l'on gare sa voiture et elle n'arrive pas non plus à résoudre le problème.

Donc la méthode adéquate pour restreindre la circulation automobile est d'établir un prix et de le faire payer à l'utilisateur pour un bien aussi rare que l'est l'espace de la voie publique. Depuis des années, des économistes et des experts s'accordent pour dénoncer l'usage abusif de l'espace de la voie publique et pour dire que cet usage doit être régulé pour éviter les congestions. Le meilleur moyen est d'obliger la demande à s'adapter à l'offre à un niveau acceptable, et pour y réussir on n'a qu'une seule méthode convenable, celle de faire payer un prix.

## 3 - JUSTIFICATION

Une explication de l'excédent de trafic sur la voirie est donnée sur la figure 1 où l'on a représenté la demande de déplacements, dans un système déterminé, en même temps que la courbe du coût moyen du déplacement pour les usagers et la capacité du système. La figure montre qu'à proximité de la capacité maximale, de faibles variations de demande entraînent de fortes variations de coût. Dans ces conditions, il doit se produire un point d'équilibre en A, qui correspond à l'intersection de la courbe des coûts moyens et de celle de la demande, indiquant que le nombre de déplacements qui seraient réalisés serait V1 à un coût P1, mais cela est utopique.

La réalité nous montre que l'utilisateur n'est pas conscient du coût total qu'implique l'usage de sa voiture ; il ne pense qu'à une partie de ce coût au moment de décider. Le coût qui sensibilise le conducteur, ici appelé coût perçu, est représenté sur la figure 2. Nous trouvons que le point d'équilibre se déplace en B, qui dans la plupart des cas est au dessus de la capacité, produisant un excédent de déplacements (dans notre cas V2-V max) qui comme on le voit habituellement, provoque les files

d'attente quotidiennes dans la plupart des rues.

Mais la théorie économique nous enseigne que si l'on veut gérer efficacement le système d'un point de vue social, le point d'équilibre optimal n'est pas en A, mais en C, correspondant à l'intersection de la courbe de demande avec la courbe de coûts marginaux (cf. figure n°3). Donc, le point de fonctionnement du système devrait être établi en C, avec un nombre de déplacements V3 et un coût du déplacement P3, supérieur au coût P'3 qui serait celui que payent vraiment les usagers, ou P''3 qui est celui qu'ils croient payer. Pour y réussir, il faut imposer une taxe additionnelle t, qui constitue le principal argument pour établir un système de péage.

De la même façon l'on démontre que l'optimum social est atteint au point C, tout écart, au dessous ou au dessus, aboutit à des situations non optimales avec des pertes d'une partie des ressources. Donc, il est très important de se situer au point C. Etant donné que la demande de déplacements est normalement très variable selon l'heure, le jour, etc., pour nous adapter constamment au point convenable, il faut que la taxe soit toujours variable, ce qui implique des systèmes sophistiqués de perception ; cette exigence a entraîné le développement des techniques bien connues en ingénierie du trafic, comme les systèmes d'identification et de localisation de véhicules, et dans un sens plus strict, de péage dynamique.

#### 4 - LES SYSTEMES D'APPLICATION DU PÉAGE

Nous distinguons ici trois principaux types fondamentaux d'application du péage de voirie, selon la surface couverte : zonal, artériel et ponctuel.

Le type zonal est utilisé lorsque l'on veut contrôler une zone déterminée dans une ville. On établit un cordon ou une frontière qui limite la zone en question et on place un poste de contrôle de véhicules à chaque entrée.

Le type artériel, comme son nom l'indique, s'applique lorsque l'on contrôle une voie déterminée et que l'on établit des points de contrôle à toutes ses entrées, ou bien à des points du tronc, à la manière du système mis en oeuvre pour les autoroutes interurbaines.

Enfin, on a recours au troisième type lorsque l'on désire contrôler certains points stratégiques de la ville habituellement congestionnés, et qui constituent des lieux importants de trafic.

En dehors du cadre géographique d'application, il est important de considérer les usagers potentiellement affectés. Il est intéressant que le système puisse distinguer les différents lieux et catégories d'usagers pouvant être affectés par les différents prix, selon les circonstances et les politiques de perception que l'on veut appliquer. De plus, étant donné qu'une caractéristique essentielle d'un système ainsi défini est la variabilité de l'imposition, il faut que ce système soit capable de renseigner, à tout moment, les usagers en puissance sur le montant de la taxe qui leur sera appliquée. Généralement on doit équiper chaque entrée du système de péage, de signalisations donnant des renseignements en temps réel.

#### 5 - LES INCONVÉNIENTS

Généralement lorsqu'on envisage un système comme celui que l'on vient d'exposer, on entend la voix des défenseurs des usagers qui soulignent qu'elle est une mesure discriminatoire qui ne favorise que les riches. Face à cet argument, la réponse est immédiate et claire : la modulation tarifaire. Au moment d'établir le prix de la carte, on peut tenir compte des situations individuelles et fixer le montant du tarif en fonction de celles-ci.

Une autre méthode pour résoudre la question est la voie fiscale, par la réduction d'impôts en fonction des caractéristiques de chaque citoyen.

Parmi les autres arguments contre le péage, on trouve celui qui estime qu'un système de péage viole l'intimité des personnes. Pour cette raison, le système de Hong-Kong n'a pas eu de succès. La possibilité de n'enregistrer sur la carte que la seule somme d'argent pourrait pallier cet inconvénient.

La difficulté d'obtenir les cartes de paiement de l'usage de la voirie est un autre inconvénient mis en avant, spécialement dans le cas des usagers non habituels, et plus précisément, des habitants d'autres villes. Un bon réseau de ventes de cartes, placés en des points névralgiques et d'accès facile, résoudrait parfaitement le problème. Certaines cartes seraient valables pour un nombre très réduit de déplacements afin d'éviter d'imposer trop lourdement l'usager.

Enfin, le fait que le système de péage soit un coût supplémentaire à l'usage du véhicule, s'ajoutant à tous les impôts traditionnels qui le touchent déjà, est aussi un des inconvénients le plus souvent mis en avant.

Il est évident qu'un système comme celui qui vient d'être décrit exige un aménagement fiscal préalable, et requiert aussi la disparition éventuelle d'impôts actuels qui taxent indirectement l'usage de l'automobile au profit d'une tarification directe liée à l'usage de la voirie.

#### 6. LA MISE EN OEUVRE DU PÉAGE : L'EXEMPLE DE BARCELONE

Depuis des années, Barcelone a recours à des mesures de restriction de trafic, spécialement dans le centre, mesures socialement bien acceptées. D'ailleurs, la ville est partenaire dans un des projets POLIS avec les villes de Marseille, Bologne, Dublin et Trondheim, intitulé GAUDI. Ce projet envisage le développement et la mise en oeuvre de la Carte Intelligente pour certains usages du transport urbain parmi lesquels l'accès sélectif du trafic dans des zones déterminées. De plus, Barcelone, sera le siège des prochains Jeux Olympiques d'été de 1992, et cela a rendu possible la réalisation d'un essai de système de péage pendant ces Jeux dans le centre de la ville où, d'après les prévisions, il pourrait y avoir de graves problèmes de trafic. Nous présentons ci dessous les principales caractéristiques des mesures prévues.

##### 6.1 Description générale du système

Contrairement à l'opinion répandue, introduire un mécanisme de marché sur la voirie publique ne signifie pas "payer pour la rue". Si l'on prétendait simplement

percevoir le prix d'un service, les prix aux heures de pointes, lorsque ce système est détérioré, devraient baisser par rapport aux prix pratiqués la nuit aux heures creuses, puisque les automobilistes bénéficient la nuit de rues pratiquement vides de circulation.

Au contraire, l'objectif est de disposer d'un mécanisme correcteur de l'usage d'une ressource limitée, pour laquelle la demande dépasse l'offre : ce mécanisme correcteur stimulerait ainsi l'usage de services alternatifs, au moyen d'une tarification fondée sur l'excès de la demande de cette ressource limitée.

Si l'on investissait correctement les bénéfices entraînés, on pourrait affirmer que l'on échange de la congestion contre du confort.

Si l'objectif était uniquement de percevoir de l'argent, il serait plus simple et plus avantageux d'augmenter l'impôt sur le véhicule, mais ce ne serait pas une solution aux embouteillages.

## 6.2 Les points critiques du système

Bien que ses avantages soient évidents, cette méthode présente des points faibles.

- l'offre d'alternatives qui permettent d'absorber le trafic dévié. Si ce n'est pas le cas, la mise en oeuvre de la mesure serait impossible, et l'on devrait se limiter à augmenter les coûts généralisés de transport.

- l'"effet frontière" : lorsque l'on parle de contrôle sélectif, il faut toujours considérer les problèmes causés aux frontières du dispositif de contrôle. L'importance de ce phénomène est remarquable, puisqu'il peut freiner la communication entre les deux parties du territoire.

## 6.3 Conditions de la mise en oeuvre

Il est important de remarquer que les priorités dans la conception de ce type de mesure sont définies très souvent par le cadre de sa mise en oeuvre. Généralement, la mise en oeuvre d'un schéma de contrôle sélectif de la demande dans une ville, est rendue nécessaire lorsque sont réunies les conditions suivantes :

- une situation de congestion
- l'impossibilité sociale, politique ou financière d'absorber la demande par l'investissement de capacité,
- l'existence de moyens alternatifs de transport.
- une technologie appropriée.
- une autorité pour mettre en place la mesure.

## 6.4 Viabilité de mise en oeuvre pendant les Jeux Olympiques

La mise en oeuvre du contrôle du trafic automobile pendant les Jeux Olympiques est liée à la gestion des places de stationnement disponibles à l'intérieur du périmètre choisi (voir figure 4).

La première étape pour apprécier la viabilité des mesures à appliquer est le recensement du nombre de places de stationnement disponibles. Pour cela, nous en avons fait un inventaire complet à l'intérieur de la zone d'intervention en classant

l'offre de places en quatre types suivants :

- le stationnement résidentiel privé : ce sont des places de stationnement situées au bas d'immeubles d'habitation et réservées à l'usage exclusif des résidents. Leur statut font que ces places ne peuvent pas être louées à des visiteurs.

- le stationnement public en parking : ce sont des places offertes dans des parkings de libre accès, dont une partie est occupée par des résidents ou par des abonnés à la journée ; ces dernières ne seront donc pas disponibles pour la location.

- le stationnement public sur la voirie : ce sont les places disponibles gratuitement sur cette voirie, à l'exception des emplacements réservés, notamment pour les opérations de chargement et de déchargement des marchandises.

- le stationnement public à durée limitée : dans ces zones, les places sont soumises à une durée de stationnement limitée.

Cet inventaire a été réalisé par une enquête sur le terrain.

## 6.5 La situation pendant les Jeux Olympiques

Pour une première estimation du nombre de places disponibles pour l'été 1992, nous avons fait l'hypothèse qu'en moyenne 30% des résidents de Barcelone resteront en ville. Plus de 260.000 personnes résident dans la zone concernée par le tableau 1 (ensemble des deux zones). Le taux de motorisation des habitants de cette zone permet d'évaluer à 100.000 le nombre de véhicules dont 30.000 environ resteront pendant l'été.

L'hypothèse d'un taux de départ en vacances des résidents détermine le nombre de places de parkings résidentiels : 6.300 vont être occupés par des résidents et 12.600 resteront libres et non-utilisables. Environ 13.000 places de parking public correspondent à des abonnés à la journée pendant l'hiver. La même hypothèse de taux de départ en vacances donne le résultat suivant :

- 9.700 places seront occupées par des résidents.
  - 3.400 places seront libérées par des résidents et donc disponibles.
- Enfin les 21.400 places en rotation habituelle seront disponibles.

Pour conserver l'équilibre entre l'offre disponible et la demande pendant les Jeux Olympiques on doit affecter les places de la façon suivante.

Les places sur la voirie seront attribuées exclusivement à des résidents de Barcelone : dans l'ensemble des zones 1 et 2 existent 17.000 places sur la voirie et 3.000 places dans les zones à durée limitée. Si à ces places on ajoute l'offre résidentielle (6.300 stationnements résidentiels et 9.700 stationnements réservés dans les parkings publics), on parvient à un total de 36.000 places, supérieur à la demande de 30.000 voitures appartenant aux résidents ne partant pas cet été .

Le même raisonnement pour la zone intérieure (zone 1) détermine l'affectation de 15.000 places aux 16.000 résidents ne partant pas, en conservant un équilibre interne dans cette zone.

Les places à gérer seront exclusivement celles des parkings publics. Les places disponibles pendant la période olympique sont estimées de la manière suivante.

Le nombre de places libres, non occupées par des abonnés ou par des riverains

en régime de parking public, est estimé à 25.000 dont 10.000 situées dans la première zone. De ce total on soustrait les places demandées par le Comité Olympique pour la Famille Olympique.

Le résultat de ces estimations est donné dans le tableau 1. Finalement le tableau indique la disponibilité probable de places libres pour le stationnement public, calculée à partir de l'offre existante et de l'hypothèse de départ en vacances des résidents.

#### 6.6 L'accessibilité

L'analyse du périmètre d'étude permet d'identifier 22 points d'accès à la première zone. Pour des raisons de viabilité du système, nous proposons la limitation de l'accès à 8 points d'entrée.

Le plan montre la répartition des accès, disposée de façon à éviter une concentration excessive d'entrées dans une zone. Ces accès seront utilisés par les résidents et par la Famille Olympique (fig. 5).

#### 6.7 Le système de contrôle aux entrées

Différents systèmes de contrôle ont été étudiés, en fonction du degré d'automatisme que l'on désire y installer.

##### 6.7.1. Le système d'identification automatique des véhicules

L'accès au réseau interne de chaque zone est contrôlé électroniquement au moyen d'une antenne, en sorte que l'accès d'une voiture non-autorisée entraîne l'émission d'un signal qui permet de l'identifier. L'émission de ce signal active un mécanisme branché à un appareil qui soulève la barrière et qui permet l'accès en cas de réception du signal ou qui maintient la barrière fermée dans le cas contraire.

Le maintien de la barrière fermée conduit la voiture vers une voie de retour séparée physiquement de la circulation, vers le réseau externe à la zone. Ce système permet aussi l'identification, en cas de besoin, par photographie et lecture du code du signal émis, pour son enregistrement sur ordinateur.

##### 6.7.2 Le système semi-automatique

Le schéma de fonctionnement est identique mais on remplace l'automatisme de gestion de la barrière par l'émission d'un signal optique ou sonore. Dans ces cas-là, un gendarme dévierait la voiture non-autorisée vers la voie de retour. C'est le système développé dans le projet que l'on doit implanter.

##### 6.7.3 Le système manuel

L'identification se réalise au moyen de l'inspection visuelle. Chaque véhicule autorisé doit porter son signe distinctif visible ; l'intervention d'un agent est constamment nécessaire pour contrôler l'accès à la zone.

#### 6.8 Le système de contrôle de parkings (commun aux deux zones)

Les conditions requises pour la mise en oeuvre du système de contrôle sont fondamentalement liées à l'identification des véhicules ayant réservé une place de stationnement. La réservation passe par l'achat du "Bon Olympique" ou du "Forfait Olympique", associés à :

- l'identification précise de la place louée, du véhicule ou du conducteur et de la durée du séjour, avec enregistrement informatique des renseignements.
- la fourniture quotidienne au personnel du parking de la liste des véhicules admis et des places affectées. Cela permettrait l'exploitation des places non vendues.
- la centralisation de l'exploitation de places dans des parkings assez grands pour en assurer la gestion. Nous conseillons de sélectionner les parkings qui ont la possibilité de liaison téléphonique avec le Centre de Contrôle, de façon à ce que les opérateurs de chaque parking puissent renseigner ou être renseignés sur les incidents éventuels.

#### 6.9 Le système de signalisation et de guidage

Le système de guidage des véhicules des visiteurs jusqu'à leur destination est envisagé sous deux aspects : d'une part la signalisation depuis les accès à la ville jusqu'aux accès à la zone interdite, d'autre part les itinéraires intérieurs à la zone jusqu'à chaque stationnement précis.

##### 6.9.1 Le guidage depuis les accès à la ville

Les itinéraires et les panneaux de signalisation indiquant le centre de la ville, où l'on localise les places réservées, figurent sur des plans. Ces renseignements peuvent être combinés avec les renseignements d'avertissement d'accès dans les zones de parking délimité, et avec la signalisation des points d'intérêt spécifique pendant les Jeux Olympiques, de façon à ce que l'on puisse identifier facilement le signal qui est adressé au visiteur.

##### 6.9.2 Le guidage à l'intérieur des zones

Les résidents sont supposés connaître le réseau de voirie, et ils ont droit au libre accès par n'importe lequel des 8 points d'entrée définis.

On conseillera aux visiteurs d'accéder par des entrées équipées d'une signalisation les informant sur la manière de parvenir à leur lieu précis de stationnement. Ainsi on réduit le nombre d'itinéraires et de signaux installés afin de viabiliser le système.

Sur les plans figurent les itinéraires conseillés depuis les accès à la zone jusqu'à une série de stationnements représentatifs.

#### 6.10 Micro-dessin d'accès

Les accès à la première zone sont représentés sur la figure 5. Sur chacun d'eux sont définis :

- la signalisation horizontale, voies de virement et possibilité de mouvement d'accès,

- la localisation de portiques et des soulève-barrières,
- la signalisation informative à l'entrée dans une zone interdite,
- la signalisation d'un poste d'information qui oriente l'usager vers son parking précis,
- l'itinéraire de sortie pour des véhicules non-autorisés.

Pour les accès à la 2ème zone sera prévu un plan spécial de restriction d'accès au moyen de la régulation des feux. L'objectif est de conserver la fluidité de la circulation dans le centre de la ville, puisque c'est la zone où vont se concentrer la plupart des lieux de séjour des visiteurs.

# ANNEXES

Figure 1

Figure 2

Figure 3

Tableau 1

Figure 4

Figure 5

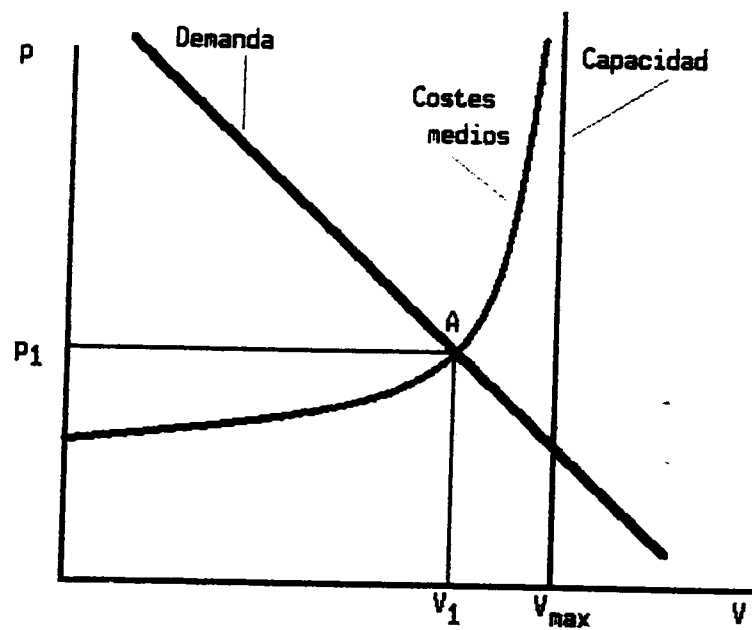


FIGURE 1

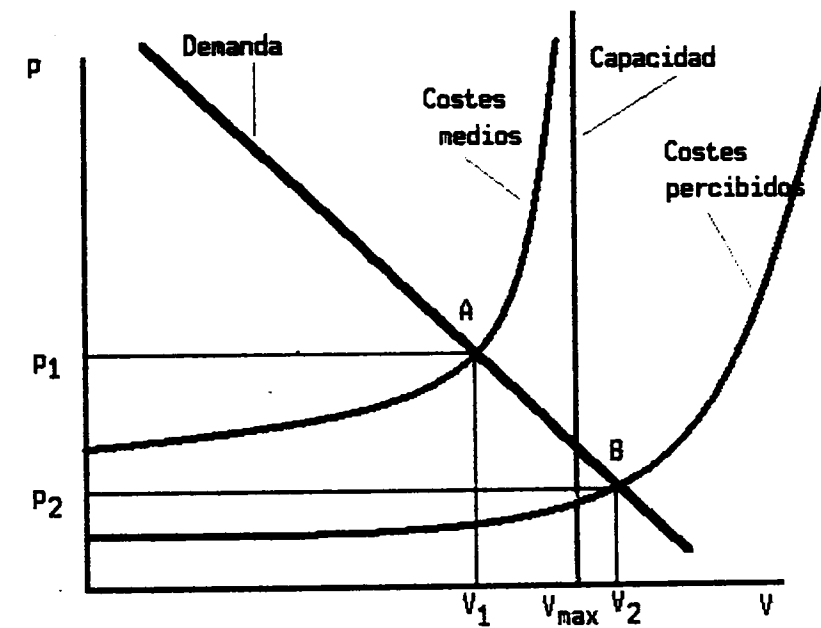


FIGURE 2

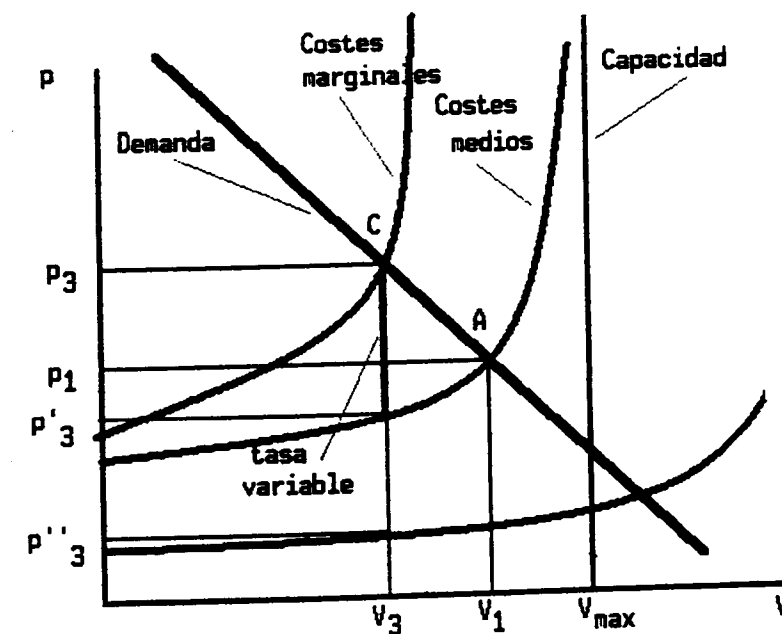


FIGURE 3



TABLEAU 1  
PREVISION DE LA SITUATION DU STATIONNEMENT  
LORS DES JEUX OLYMPIQUES

Situation à l'été 1992 (Zones 1 et 2)

	Parkings riverains	Parkings publics	Libre sur voirie	Zones à durée limitée	Total
Usagers riverains	6291	9707	17241	3086	36325
Libres et non utilisables	12583				12583
TOTAL PLACES RIVERAINS					48908
places riverains en rotation		3467			3467
places en rotation		21494			21494
TOTAL PLACES DISPONIBLES					24961

Situation à l'été 92 (Zone 1)

	Parkings riverains	Parkings publics	Libre sur voirie	Zones à durée limitée	Total
Usagers riverains	916	3925	7128	1282	13351
Libres et non utilisables	1833				1833
TOTAL PLACES RIVERAINS					15184
places riverains en rotation		1402			1402
places en rotation		8691			8691
TOTAL PLACES DISPONIBLES					10093

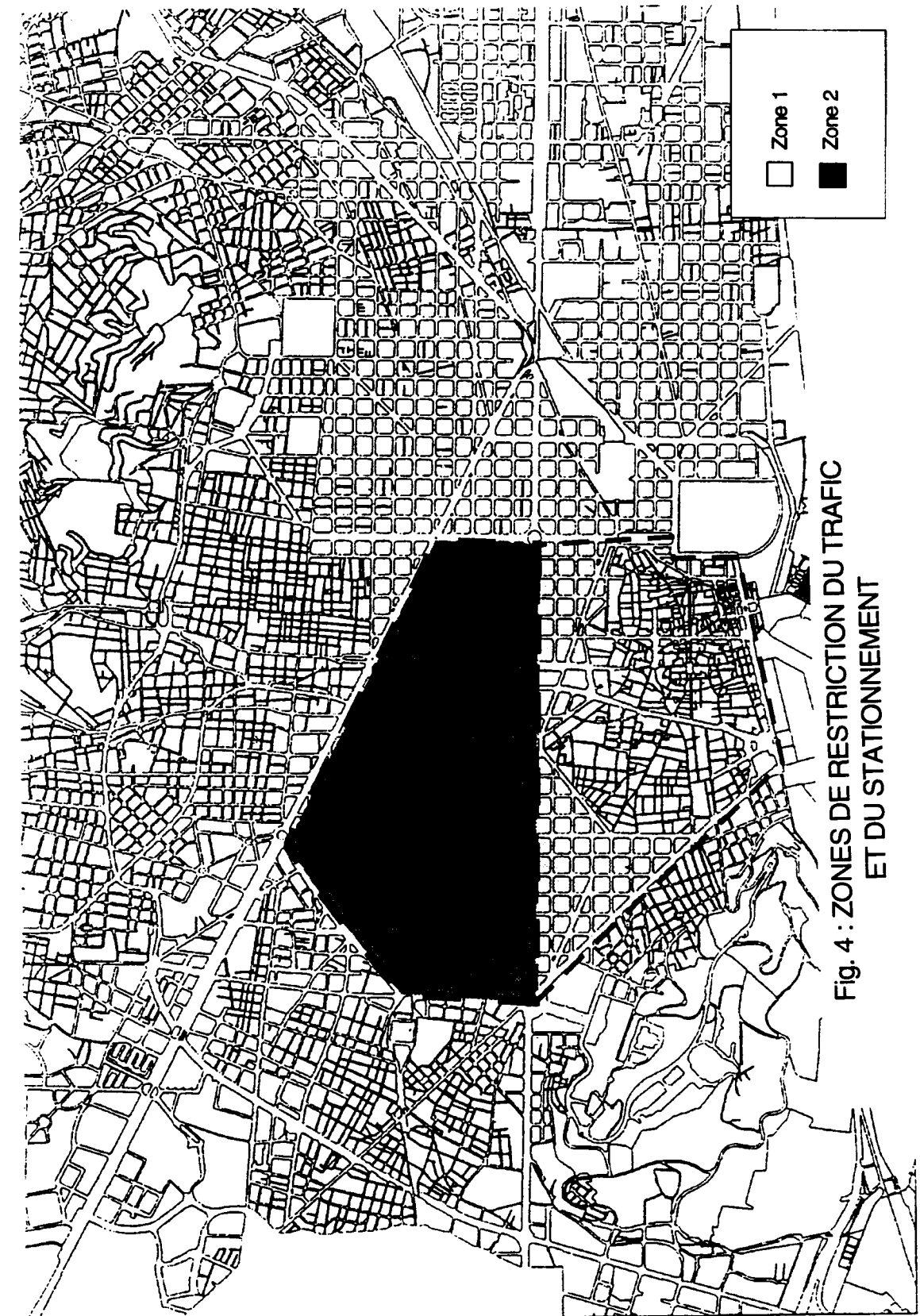


Fig. 4 : ZONES DE RESTRICTION DU TRAFIC  
ET DU STATIONNEMENT

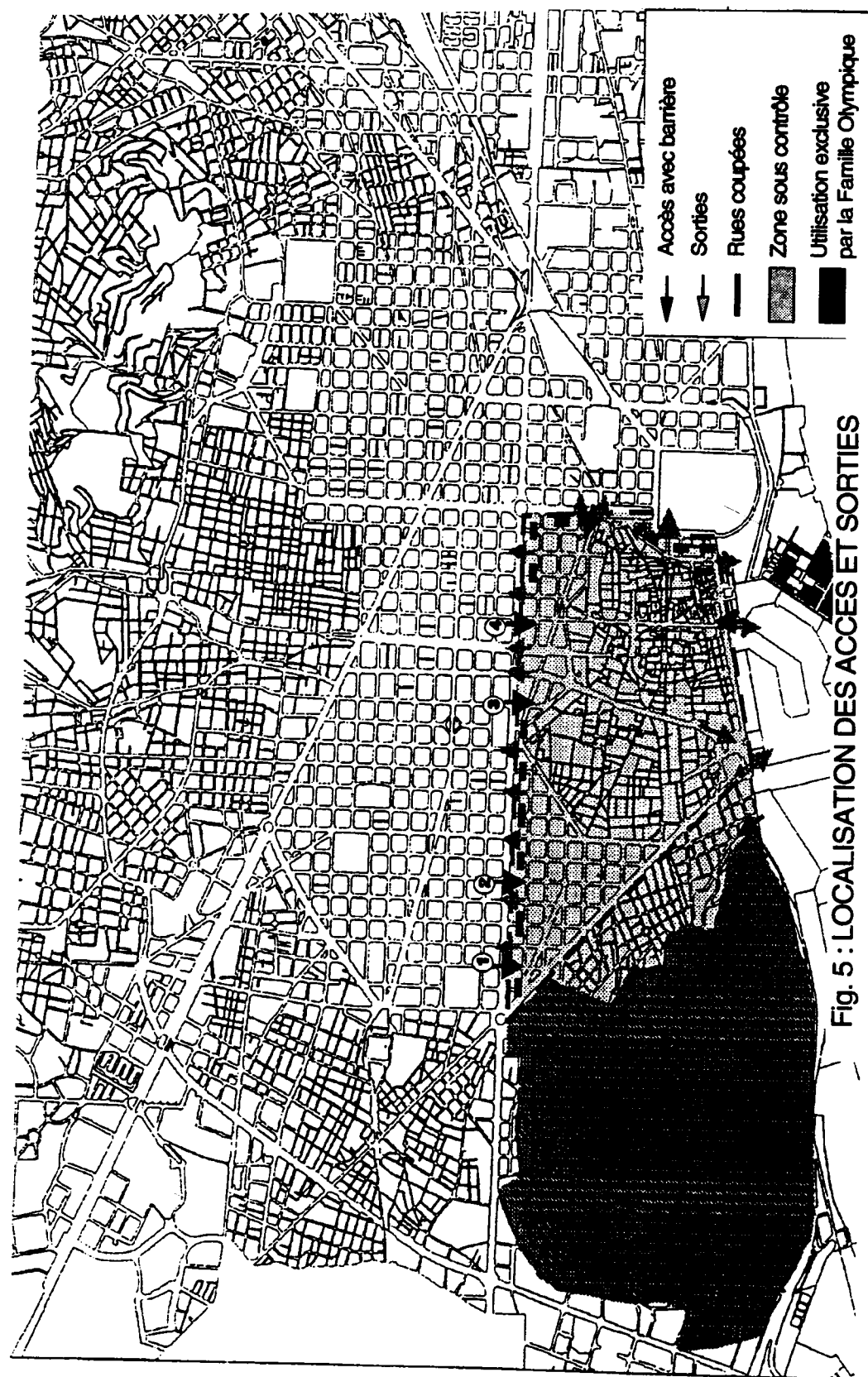


Fig. 5 : LOCALISATION DES ACCES ET SORTIES

## PAYER LE VERITABLE COUT DES TRANSPORTS

Ariel Alexandre, OCDE, Paris

Pour l'ensemble des pays de l'OCDE, 800 millions d'habitants des pays les plus riches, les dépenses de transport atteignent 12 pour cent du Produit Intérieur Brut (PIB), le transport routier comptant à lui seul pour les trois-quarts de ce chiffre.

Mais il faut compter aussi les accidents, les encombrements, la consommation de ressources non renouvelables et la dégradation de l'environnement. D'après les estimations de l'OCDE, les coûts environnementaux représentent au minimum 1 pour cent du PIB, les coûts sociaux dus aux accidents 2 pour cent du PIB et les pertes de temps dues aux encombrements près de 7 pour cent du PIB.

Au total, les coûts indirects des transports représentent au minimum l'équivalent de 10 pour cent du PIB et sont donc presque équivalents aux dépenses directes de transports.

### I. LES TENDANCES ACTUELLES

Au cours des 20 dernières années, on constate que, dans la zone OCDE :

- le parc de voitures a été multiplié par 3 ;
- le trafic automobile voyageurs a doublé alors que le trafic ferroviaire voyageurs n'a augmenté que de 20 pour cent seulement ;
- le trafic routier de marchandises a doublé également alors que le trafic ferroviaire de marchandises baissait de 10 pour cent ;
- et ce n'est que dans le domaine des transports routiers que les problèmes d'environnement s'aggravent.

La dimension urbaine de tout cela est encore plus inquiétante.

Les encombrements urbains ont notablement augmenté au cours du passé récent. Dans certaines grandes villes, la fréquence et la durée des encombrements de circulation ont été multipliées par 5 au cours de la dernière décennie. Ces encombrements ne provoquent pas seulement une dégradation de l'environnement ; ils entraînent également de grandes pertes de temps. A titre d'exemple, on estime que le temps passé à Paris dans les transports est équivalent au temps de travail total à Lyon. Ce qui rend les problèmes particulièrement aigus dans les villes tient évidemment au fait qu'il y a des limites physiques à l'extension de la voirie.

### II. PREVISIONS

Du fait de la croissance de la circulation, et en dépit des normes internationales en vigueur, à la fois le bruit et la pollution vont s'aggraver. On ne pourra, en particulier, diminuer le gaz carbonique émis par les transports qu'avec des moteurs

plus efficaces et moins de déplacements automobiles.

Quant aux encombrements, ils ne pourront que s'étendre à de plus larges zones et durer plus longtemps. Si, pour le long terme, on admet qu'il y a des limites physiques à l'expansion routière, au moins en zone urbaine, et si, par conséquent, il devient impossible que l'offre équilibre la demande, c'est donc la demande qui devra être équilibrée au niveau de l'offre.

De même que les pays de l'OCDE sont devenus plus efficaces sur le plan énergétique au cours des 15 dernières années, il faudra qu'ils deviennent plus efficaces sur le plan des transports au cours de cette décennie.

Or, pour le moment, ils ne le sont pas. Alors que, dans le domaine de l'énergie, les pays de l'OCDE ont fait des progrès considérables au cours des 20 dernières années, diminuant de 25% leur consommation d'énergie par unité de PIB, dans le même temps, ils ont augmenté de 10% leur consommation de transports routiers par unité de PIB. Actuellement, il faut parcourir plus de 500 mètres en voiture ou en camion pour produire un dollar de PIB. Et si l'on tenait compte de l'ensemble des moyens de transport, on arriverait au chiffre de 1 km parcouru pour chaque dollar produit.

Y a-t-il des limites à l'offre d'infrastructures de transport nouvelles en période de croissance de la demande ? Et, si des infrastructures nouvelles doivent être construites, à quel type de transport faut-il donner la préférence, public ou privé ? Si les considérations environnementales ne sont pas incluses dans l'évaluation, le choix sera presque automatiquement en faveur de la route. Au contraire, si les usagers des transports doivent payer l'intégralité des coûts d'une telle utilisation (coûts directs et indirects), les chemins de fer, les voies navigables et les transports publics pourraient regagner certains avantages.

### III. LE MARCHÉ EST IMPARFAIT, MAIS L'ACTION PUBLIQUE EST IMPARFAITE ÉGALEMENT

Les transports sont surexploités parce qu'un prix insuffisant est attaché aux incidences négatives qu'ils ont sur la société et sur l'environnement. Le marché ne tient pas compte de ces incidences. C'est notamment le cas pour la pureté de l'air et l'absence de bruit. Non seulement le marché ne parvient pas à affecter un prix réel à l'utilisation des transports mais certaines interventions publiques, en termes de réglementations, de subventions, etc., ne parviennent pas non plus à donner aux ressources environnementales la pondération qui leur convient.

Ces défaillances du marché et de l'action publique conduisent à une utilisation inappropriée des transports d'un point de vue environnemental, et à une demande de transport excessive. Le prix global des transports est trop faible et la mobilité est excessive. L'impact d'une telle situation est négatif pour l'environnement, et cela ne peut que s'aggraver. Étant donné que les modifications techniques ne peuvent compenser les effets de l'augmentation du trafic, c'est donc le niveau de croissance du trafic qui devra être réduit, et les usagers des transports devront payer l'intégralité des coûts liés à leurs activités, y compris les coûts sociaux.

Mais, nombre de coûts sont mal perçus par les usagers des transports. Les automobilistes, par exemple, lorsqu'ils considèrent l'opportunité d'un déplacement donné, non seulement n'envisagent que rarement le coût de leur déplacement en

termes de pollution et d'encombrements, mais ils tiennent très peu compte de leurs propres dépenses journalières et d'amortissement. Ils considèrent également comme légitime de pouvoir disposer du domaine public pour stationner leur véhicule. Or, de deux choses l'une, ou bien la voirie appartient au domaine public, et dans ce cas elle devrait être consacrée à des utilisations publiques, ou bien elle sert à des fins privées, et dans ce cas, il faudrait la traiter en conséquence. Ce qui signifie que les tarifs de stationnement et de circulation devraient être fixés à des niveaux beaucoup plus élevés qu'à présent.

Dans bien des cas, un autre effet pervers intervient du fait que l'offre de transport rend les localisations "éloignées" attractives et conduit donc à un étalement dans l'espace des activités économiques.

### IV. STRATEGIES DE REDUCTION DES POLLUTIONS ET ENCOMBREMENTS

Sans entrer dans trop de détails, j'évoquerai brièvement la gestion de la circulation, les dispositions institutionnelles, les incitations économiques et enfin la planification urbaine.

La gestion de la circulation devrait inclure ce que l'on appelle aux États-Unis "la gestion de la demande", c'est-à-dire des mesures destinées à réduire le volume du trafic plutôt qu'à accroître la capacité du réseau routier. Parmi les mesures adoptées, on peut citer les "ordonnances de réduction des déplacements" ("trip reduction ordinances"). On fait de plus en plus appel à cette technique en Californie. Les employeurs sont contraints de réduire les trajets en véhicule de leurs employés par un aménagement des horaires de travail et par des allocations financières aux usages des transports en commun, ces mesures étant complétées par différentes pénalités et incitations.

Et pour coordonner les politiques de transport à l'échelon d'une ville, une autorité unique devrait avoir la responsabilité des transports à l'échelle de l'ensemble de la ville ou de la zone, et cela pour tous les modes de transport, transports en commun, transports de marchandises et transports individuels.

Seul un tel organisme unique serait en mesure d'assurer la coordination nécessaire entre les différents modes de transport, et seul cet organisme pourrait imposer aux usagers des voitures et des camions le paiement de l'intégralité de leurs coûts sociaux.

Et j'en viens aux incitations économiques.

Les incitations économiques constituent un instrument politique que l'on pourrait utiliser plus largement pour réduire la demande de déplacement. C'est une stratégie que l'on utilise encore trop rarement dans le domaine des transports (alors qu'elle est utilisée dans beaucoup d'autres domaines ayant trait à l'environnement, en dépit du fait que cette stratégie soit la mieux adaptée à l'économie de marché).

Cette stratégie pourrait comporter notamment les éléments suivants : une taxation différentielle en faveur des véhicules propres et des carburants non polluants, des aides à l'achat de moyens de transport respectueux de l'environnement, des avantages fiscaux pour l'exploitation des transports publics, enfin la tarification de la circulation et des encombrements. L'introduction d'une telle tarification de la circulation existe déjà à Singapour et en Norvège et elle est

envisagée en Suède, aux Pays-Bas, au Royaume-Uni, en Allemagne, et aux Etats-Unis. Le principe de base est que ceux qui utilisent et tirent avantage des transports devraient payer l'intégralité des coûts afférents à leurs activités (coûts sociaux inclus). Mais, pour le moment, les résistances politiques sont encore assez fortes.

Je voudrais terminer ce tour d'horizon des stratégies disponibles en disant quelques mots d'une politique qui a l'avantage de traiter les causes plutôt que les seuls symptômes du mal : je veux parler des politiques d'utilisation des sols. Il faudrait que l'aménagement et le réaménagement des sols visent à limiter les besoins de déplacement et que la localisation des activités génératrices de nombreux déplacements ait lieu près des axes de transports en commun.

Certains pourraient penser qu'un plan d'aménagement des sols constitue une stratégie à long terme. Cette opinion découle du fait que le rythme annuel des constructions neuves ne représente qu'1 à 2 pour cent du parc immobilier et infrastructurel. Mais souvenons-nous de cette parole de bon sens formulée par Mao Tsé Toungh, même si sa pensée n'est plus très à la mode. Il disait simplement, mais justement que : "Le voyage le plus long commence par un premier pas". De fait, l'utilisation des sols pourrait changer plus rapidement qu'on ne le pense a priori. Certaines études récentes montrent en effet que l'étalement de nombreuses villes des Etats-Unis s'est effectué en moins de 40 ans.

A cet égard, on peut signaler qu'un pays, les Pays-Bas, a récemment décidé d'adopter les plans d'utilisation des sols en tant qu'instrument politique pour lutter contre les émissions de CO<sub>2</sub>, en prenant des dispositions afin que les structures d'aménagement et de réaménagement contribuent à la réduction du volume total de circulation automobile.

On peut noter, à ce sujet, qu'il est tout à fait possible d'infléchir l'utilisation des sols avec d'autres mécanismes que la planification, par exemple en augmentant drastiquement le prix de l'essence, ce qui affecterait indirectement l'usage des sols.

Avant de conclure, quelques mots d'une étude néerlandaise comparant différentes politiques de transport entre elles pour déceler celles qui conduiraient à une moindre consommation énergétique, et donc à une contribution réduite à ce qu'on appelle l'effet de serre. Plusieurs politiques ont un effet négligeable : celles concernant la gestion de la circulation, par exemple ; d'autres ont un effet inverse : la fourniture d'infrastructures supplémentaires, par exemple.

Ce qui a le plus d'effets favorables, ce sont les mesures fiscales et tarifaires :

augmentation du prix de l'essence, tarification routière et péages, prix du stationnement. L'idéal est d'adopter un ensemble complet de mesures tarifaires et fiscales.

Et encore faut-il souligner que seules des augmentations drastiques de la fiscalité et des tarifs auraient un effet notable sur la réduction des émissions de CO<sub>2</sub>. Par effet notable, je veux dire une réduction d'au moins 30%.

Je voudrais conclure en soulignant trois points essentiels :

1° Les coûts sociaux des transports devraient mieux être internalisés. Une telle approche s'accorderait avec le Principe Pollueur-Payeur adopté par l'OCDE il y a 20 ans déjà.

2° A court terme, il va être nécessaire d'adopter un ensemble de mesures

d'action à utiliser de manière coordonnée parce qu'il n'existe pas de solution unique et simple aux problèmes d'environnement et d'encombrement. De ce point de vue, la tarification routière ne fait pas exception. Ce sera une mesure essentielle, mais cela ne pourra pas être une solution unique, miraculeuse.

3° A long terme, étant donné l'expansion rapide des transports, il faudra limiter la demande de transport et, en particulier, la demande de transport privé. De ce point de vue, les instruments économiques auront un rôle majeur à jouer, mais pas unique. Car on a affaire à un phénomène de civilisation. On peut en effet se demander si, en matière de transports, il n'existe pas un phénomène semblable à celui que l'on connaît depuis le début de l'humanité en matière d'alimentation, un besoin fondamental, irrépressible, au-delà d'une simple demande exprimée sur le marché ?

L'immobilisme politique, en ce qui concerne la prise en compte des coûts sociaux, et en ce qui concerne le péage urbain et le prix de l'essence, est peut-être lié à la peur de toucher à ce besoin. On peut se poser la question.

Il y a 20 ans exactement, Monsieur Pompidou voulait adapter la ville à l'automobile. C'est fait. Il y a 20 ans également, Bertrand de Jouvenel disait très joliment, au sujet de l'invasion automobile : "Les chevaux des barbares sont parqués sur le forum".

Mais tout cela, gestion de la circulation, péage urbain, etc. ne sont sans doute que des cautères sur une jambe de bois, dans la mesure où ils ne modifient les choses qu'à la marge. Les vraies mesures à adopter sont :

1° sur le plan physique, parce que la ville est un espace et pas seulement un marché, interdire totalement le centre et certains quartiers à la circulation individuelle ;

2° taxer plus fortement le prix de l'essence. Cela aurait un effet sur l'usage de la voiture et sur la localisation des activités et des résidences.

En tout état de cause, il faudra bien décider un jour, soit de changer notre mode de vie, soit de faire payer les transports à leur véritable coût.

## **CONGESTION ET CRISE DU FINANCEMENT DES TRANSPORTS DANS LES VILLES : LES SOLUTIONS ENVISAGEES ET LEURS LIMITES**

**Synthèse des discussions du thème 1 :  
Bruno Faivre d'Arcier, INRETS-DEST**

L'objectif de cette première séance est de faire le point sur les perspectives de croissance des déplacements urbains, et sur les risques d'accroissement de la congestion. Les exemples de Barcelone, Lyon et Montréal tendent à montrer que les facteurs pouvant accroître la congestion sont nombreux et de nature différente.

Sur un plan démographique tout d'abord, le vieillissement de la population tend à réduire la part relative des jeunes, qui sont les principaux utilisateurs des transports collectifs. Mais deux autres phénomènes doivent être pris en compte. D'un côté, on assiste à la disparition des groupes de personnes les plus âgés, qui n'ont pas connu l'accès massif à la voiture : ce facteur incite à penser que les nouvelles personnes âgées seront moins utilisatrices des TC que pour la génération précédente. De l'autre, il semble qu'une part importante des habitants de la périphérie vieillissent sur place et ne se relocalisent pas dans le centre comme leurs aînés. Sur le plan méthodologique, il importe d'analyser l'évolution du niveau de mobilité et d'usage des modes, au travers du suivi de cohortes, car la reconduction des comportements observés pour les générations précédentes risque d'introduire un biais non négligeable.

Sur le plan urbanistique, notamment dans les villes nord-américaines, la tendance à l'étalement urbain persiste, et la question de la redensification des zones centrales est toujours à l'ordre du jour. Les conséquences de cette tendance sur les déplacements, et sur la part modale des TC, sont très lourdes, et posent le problème d'une stratégie urbaine au niveau de l'agglomération élargie.

Sur le plan du contexte économique général, l'influence de la croissance sur la motorisation et les déplacements en voiture est très forte, et agit sur deux éléments, l'accroissement de la congestion et la désaffection des transports collectifs. De plus, la croissance tend aussi à renforcer l'habitat individuel en périphérie.

Enfin, la crise des finances locales a des répercussions, tant sur le retard en matière d'infrastructures que sur le développement des transports collectifs. Les participations des collectivités locales à la couverture du déficit des TC devront fortement progresser pour maintenir ou même accroître le niveau de service, et cela d'autant plus que les financements d'autres collectivités publiques (Etat, Régions, Départements ou Provinces) sont réduits ou même remis en question.

Les perspectives sont donc assez sombres : la double crise des déplacements (congestion et financement) s'accroît, et il importe d'agir sur ces deux plans. Si à long terme la réduction des déplacements suppose des orientations urbanistiques, à court terme une action sur la demande est nécessaire, soit par des restrictions

physiques d'accès pour la voiture, soit par une action tarifaire modulée dans l'espace et le temps, pour atténuer les pointes de congestion et favoriser un certain report sur les TC. Sur le plan financier, la recherche de nouvelles ressources peut découler des nouvelles actions tarifaires, mais aussi de la mise en place d'un dispositif plus général de financement du mode collectif par un système de taxes additionnelles, touchant tous les bénéficiaires.

Plus fondamentalement, la question est de savoir dans quelle mesure les nouvelles ressources devront être affectées au mode collectif, et dans quelles proportions : l'acceptabilité des mesures tarifaires suppose une grande clarté quant à l'utilisation de ces fonds.

La ville de Barcelone offre un exemple intéressant : les J.O. constituent une opportunité pour mettre en place un contrôle d'accès au centre-ville, système qui peut constituer l'amorce d'un péage permanent. Mais l'introduction de ce dispositif devra se faire très progressivement, en n'étant appliqué au début qu'à certaines périodes où les pointes de trafic sont particulièrement élevées.

La mise en oeuvre d'une tarification d'usage des infrastructures en milieu urbain peut-elle s'appuyer sur des considérations environnementales ? Si les experts estiment que les taxes sur l'essence devraient être fortement augmentées pour réduire la pollution, le débat sur la voiture "vache à lait" soulève la question de la participation respective de chaque usager à l'amélioration des conditions de vie urbaine. L'application d'une taxe indifférenciée sur les véhicules soulève le problème de la réaffectation des ressources entre l'Etat et les collectivités gestionnaires.

## THEME 2

# LA TARIFICATION ET LA RECUPERATION DES EXTERNALITES

## **CENTRALITE URBAINE ET VALEURS FONCIERES: LES ENJEUX D'UNE TARIFICATION DES DEPLACEMENTS**

**François des Rosiers Ph.D., Université Laval, Canada**

### **INTRODUCTION**

Comme nous le verrons plus loin, le phénomène de l'étalement urbain soulève une problématique bien actuelle au Canada et ni la revalorisation des espaces centraux par certaines clientèles spécifiques, ni les mesures de fiscalité locale visant à resserrer le tissu urbain ne suffisent à elles seules à contrecarrer l'influence prépondérante de l'automobile. Comme on le sait, la très grande flexibilité de ce moyen de déplacement et la croissance des revenus personnels au cours des dernières décennies a engendré dans tous les pays économiquement développés une croissance exponentielle du parc automobile, et ce au détriment des transports collectifs dont la rentabilité - si ce n'est la survie - s'en trouve menacée. Or, les effets de l'étalement urbain ne se limitent pas aux aspects environnementaux; ils s'étendent également aux valeurs foncières et immobilières qui sont directement affectées par les coûts de déplacement des individus et des marchandises qui en découlent.

Dans la perspective du modèle néo-classique en micro-économie, la distribution des activités sur le territoire urbain obéit à une logique de maximisation du profit des entreprises et de la satisfaction des ménages, cette dernière étant sujette à la contrainte de leurs revenus. Ce modèle explique le pattern traditionnel des villes nord-américaines en vertu duquel les ménages à revenu faible, peu mobiles, se regroupent dans les espaces centraux bien desservis en transports collectifs alors que les ménages mieux nantis optent pour une localisation excentrique à laquelle leur donne accès la possession d'une ou de plusieurs voitures et qui offre une qualité de vie supérieure. L'équilibre sur le marché foncier s'établit alors par une distribution des fonctions qui assure une maximisation du niveau global des rentes urbaines.

Ceci dit, ce schéma explicatif des comportements individuels accorde une place dominante au concept de centralité urbaine, lequel réfère, dans le cas des ménages, à l'accès à l'emploi et aux services tertiaires à caractère supérieur. Et c'est par le biais des valeurs foncières que les mécanismes de marché internalisent les avantages relatifs de localisation qui sont ainsi inversement proportionnels aux coûts de déplacement monétaires et psychologiques qu'impose une localisation périphérique. La forme urbaine exerçant une influence directe sur le niveau et la distribution des valeurs foncières et immobilières, on peut donc faire l'hypothèse qu'une politique de régulation des déplacements urbains par leurs prix, dans la mesure où elle est suffisamment vigoureuse, serait susceptible de contenir l'étalement urbain et, partant, de rehausser la rente de localisation des sites centraux.

Dans les pages qui suivent, nous nous pencherons sur la relation existant entre la centralité urbaine et les valeurs résidentielles, et ce à la lumière d'une



recherche empirique récente sur la région de Québec. Notre objectif n'est donc pas ici de mesurer, à proprement parler, l'impact sur les valeurs d'une tarification des déplacements, mais plutôt d'amorcer une réflexion sur le sujet à partir d'observations sur le comportement des ménages en matière de choix de localisation.

### Formes urbaines et étalement: quelques constats

Dans un récent article, Bourne (1989) examine cinq hypothèses relatives à l'évolution du processus de structuration du territoire et à l'émergence possible de nouvelles formes urbaines, s'appuyant pour ce faire sur des données puisées dans les 27 agglomérations urbaines les plus importantes du Canada. Ces hypothèses peuvent se résumer comme suit:

- **Hypothèse 1:** La décentralisation rapide et continue des fonctions, de l'emploi, de la population et des services des zones centrales vers la périphérie s'est soldée par une forme urbaine de plus en plus déconcentrée, par une baisse des densités et par un étalement croissant.

- **Hypothèse 2:** Le paysage social et ethnoculturel des villes canadiennes est de plus en plus diversifié, ce qui se traduit par un niveau de polarisation sociale et de ségrégation spatiale plus marqué.

- **Hypothèse 3:** Il existe par ailleurs un mouvement de revalorisation progressive des espaces centraux par une élite formée de ménages à revenus élevés qui délogent les ménages moins favorisés ("gentrification"); cette hypothèse s'oppose évidemment à la thèse du déclin continu des villes centrales.

- **Hypothèse 4:** La séparation entre le lieu de résidence et le lieu de travail s'accroît au pays, ce qui risque d'aboutir à une intensification de l'inadéquation spatiale entre les emplois et la force de travail et par une augmentation des temps de déplacement pour fins travail.

- **Hypothèse 5:** Enfin, les villes canadiennes s'orientent progressivement vers une structure polynucléaire.

L'analyse empirique confirme en premier lieu l'hypothèse de l'étalement urbain, mais suggère également que si le nouveau tissu est plus décentralisé et moins densément utilisé qu'auparavant, il est aussi plus complexe et plus hétérogène. L'hypothèse d'une diversité sociale plus grande se vérifie également. Par contre, si l'on peut observer dans plusieurs villes canadiennes un retour vers le centre d'une certaine clientèle bien nantie, un tel mouvement n'est pas suffisamment prononcé ni généralisé pour inverser la tendance de la "suburbanisation". Quant à la thèse d'une inadéquation spatiale croissante entre les emplois et la main-d'oeuvre, elle se vérifie dans la mesure où le volume des longs déplacements périphérie-centre a clairement augmenté; cependant, on note également une augmentation substantielle des déplacements courts d'une banlieue à l'autre. Enfin, bien que les temps moyens de déplacement pour les résidents des zones centrales se soient accrus, suite à la localisation en périphérie de plusieurs fonctions tertiaires, on ne peut en conclure que le modèle polynucléaire est en voie d'implantation au Canada en raison de la faible taille des centres secondaires.

Comme on peut le constater ici, c'est encore la thèse de la déconcentration des activités et de l'étalement urbain qui semble le plus nettement caractériser les villes canadiennes. A titre d'exemple, dans la région métropolitaine de Montréal, la croissance de la population, des ménages et des familles entre 1981 et 1986 s'établit respectivement, pour la ville centrale, à - 31 485, + 9 185 et - 9 245; dans le cas des autres zones de la RMR, elle atteint respectivement + 90 335, + 70 130 et + 39 470. Le même phénomène d'étalement peut être observé dans la région de Québec (RMQ) où, entre 1960 et 1990, la population a cru de 50 pourcent alors que l'espace occupé par les développements résidentiels augmentait de 165 pourcent.

Dans cette perspective, la régulation des déplacements par leurs prix s'impose comme une solution susceptible de conduire à un développement urbain plus rationnel.

### L'APPROCHE HEDONIQUE ET LE PRIX IMPLICITE DES ATTRIBUTS RESIDENTIELS

L'analyse des préférences des ménages en matière résidentielle permet notamment de faire ressortir le rôle de l'accessibilité et de la centralité urbaine dans la formation des valeurs résidentielles. Pour ce faire, on a fréquemment recours à l'approche hédonique qui, essentiellement, consiste à reconstituer par analyse économétrique la valeur d'un bien hétérogène à partir de ses éléments constitutifs; appliquée au bien logement, cette approche permet ainsi de déterminer le prix implicite des divers attributs résidentiels. Bien que les faiblesses théoriques inhérentes à l'approche hédonique et soulignées par Rosen (1974) - essentiellement les problèmes d'identification et de non-linéarité de la fonction hédonique - demeurent pertinentes aujourd'hui, elles ont perdu quelque peu de leur gravité suite au développement, au cours des deux dernières décennies, de modèles d'évaluation capables de produire des estimateurs relativement précis et stables des prix implicites des principales caractéristiques résidentielles (Straszheim 1987; Bartik & Smith 1987). Dans un récent article, Des Rosiers (1991) résume la littérature relative au cadre hédonique et traite des problèmes méthodologiques rencontrés en analyse de régression multiple. Le choix de la forme fonctionnelle et la question de la segmentation des marchés sont également abordés à la lumière des recherches sur le sujet (Linneman 1980; Jensen 1987; Galloway, Hohm & Perdue 1985; Bajic 1985; Hickman, Gaines & Ingram 1984; Farrell 1984). Finalement, l'auteur y expose les résultats du modèle RÉSIVALU mis au point pour la région de Québec en concentrant l'analyse sur une série d'équations linéaires et multiplicatives relatives au marché des bungalows (équation générale, segments "haut de gamme" et "bas de gamme"). Les résultats font clairement ressortir les disparités existant entre les sous-marchés en ce qui a trait aux préférences résidentielles des ménages.

Le modèle RÉSIVALU est construit à partir d'une banque de données qui comporte globalement quelque 6 400 propriétés résidentielles occupées par leur propriétaire et ayant fait l'objet d'une transaction sur le territoire de la Communauté urbaine de Québec (CUQ) entre janvier 1986 et mai 1987. La majeure partie de l'information provient des fichiers informatisés du rôle d'évaluation de la CUQ pour la période considérée, lesquels fournissent un portrait détaillé des transactions et des caractéristiques physiques des résidences

(bâtiment et terrain); le montant global des taxes municipales est aussi disponible pour chacune des propriétés transigées. De nombreuses autres sources d'information - dont le recensement fédéral de 1986 - sont également utilisées. Enfin, l'interaction entre les différents fichiers s'effectue via le numéro-matricule de la propriété; ce dernier comportant une grille de référence spatiale universelle, on peut procéder au calcul des distances euclidiennes entre chaque résidence et des points de référence pré-sélectionnés (centres d'emploi, centres commerciaux, écoles primaires, parcs, etc.). Il devient ainsi possible de déterminer de façon objective la contribution marginale de chaque attribut à l'établissement de la valeur, qu'il s'agisse de caractéristiques physiques propres à la résidence (taille, âge, qualité, etc.), de caractéristiques de voisinage (statut socio-économique) ou d'accessibilité (au centre-ville ou aux services), de facteurs liés à la fiscalité locale (taux de taxation) ou encore de dimensions environnementales ou temporelles. Le modèle qui en découle comporte huit catégories de variables explicatives (Des Rosiers 1988; Des Rosiers & Dionne 1989) et autant de sous-modèles que de segments de marché retenus, chacun présentant des caractéristiques propres au profil des ménages qui les composent et à leurs choix résidentiels. La segmentation des marchés s'établit tant sur le type de propriété (bungalows, cottages, condominiums, etc.) que sur les divisions administratives (municipalités). On aboutit ainsi à une carte régionale des valorisations résidentielles qui constitue à la fois un outil d'aide à la décision pour l'évaluateur et le gestionnaire municipal et un instrument précieux d'analyse urbaine et immobilière.

Les résultats obtenus à l'aide du modèle RÉSIVALU permettent de corroborer plusieurs résultats de recherches antérieures relativement à l'importance relative de certaines variables-clés et de mettre en relief le rôle stratégique qu'exercent sur la formation des valeurs résidentielles les dimensions socio-économiques, localisationnelles, fiscales et environnementales. Au chapitre des performances, le modèle s'avère très satisfaisant, tant au plan explicatif que prédictif, et les prix implicites des divers attributs résidentiels qui en découlent sont à la fois stables et réalistes; quant à la multicollinéarité, elle demeure sous contrôle en dépit du grand nombre de variables explicatives utilisées. Pour l'ensemble des 56 équations de régression que comporte le modèle, le  $R^2$  ajusté moyen s'établit à 0.8246 et sa variabilité demeure très faible (+/- 5.0%). L'erreur standard de prévision (SEE), quant à elle, s'élève en moyenne à 10.5% du prix de vente - ce qui est également fort honnête -, mais elle fluctue plus fortement d'un sous-modèle à l'autre (+/- 31.8%). Pour les fins de notre analyse, nous nous limiterons aux résultats obtenus à l'aide de la forme linéaire du modèle RÉSIVALU, appliquée au sous-marché des bungalows (i.e. des pavillons) qui porte sur près de 2 800 observations.

#### CENTRALITE URBAINE ET VALEURS RESIDENTIELLES: LE CAS DE QUEBEC

La mesure de l'impact de l'accessibilité au centre sur les valeurs domiciliaires retiendra plus particulièrement notre attention ici. Plusieurs auteurs se sont penchés sur cette question, dont Hansen (1959), Brigham (1965), Nelson (1977), England (1984) et, plus récemment, Voith (1991). Appuyant son analyse sur des données relatives aux migrations alternantes, aux caractéristiques

socio-économiques et aux attributs résidentiels des ménages de la région de Philadelphie, ce dernier démontre que l'accessibilité au centre-ville conditionne les choix de localisation des ménages et que la présence d'un système de transport collectif de qualité affecte directement et de façon substantielle le niveau des rentes ainsi que les localisations résidentielles. Plus précisément, l'auteur établit à 6.4 pourcent du prix moyen d'une propriété la prime d'accessibilité relative à un tel système, ce qui représente pour la région d'étude une somme globale de l'ordre de \$ 1.5 Milliards.

De façon à bien cerner le facteur "centralité urbaine", nous avons élaboré un indice global d'accessibilité (ACCESS) aux trois centres-villes qui affectent le comportement des ménages à l'intérieur des limites de la CUQ, soit ceux de Québec, Ste-Foy et Charlesbourg. L'indice s'établit comme suit:

$$\text{ACCESS} = \sum_{i=1}^3 P_i / D_i = P_q / D_q + P_{sf} / D_{sf} + P_c / D_c, \text{ où:}$$

$P_i$  = Poids relatif du centre-ville "i"

$D_i$  = Distance euclidienne au centre-ville "i"

q = Québec

sf = Ste-Foy

c = Charlesbourg

Le calcul des poids relatifs s'effectue en régressant l'inverse de la distance aux trois centres-villes sur le prix des propriétés, et en ramenant les coefficients de régression ainsi obtenus sur une base unitaire. Pour Québec, Ste-Foy et Charlesbourg, les poids relatifs s'établissent respectivement à .75, .20 et .05.

#### SOMMAIRE DES RESULTATS

La définition opérationnelle des variables apparaît au Tableau 1, alors que le Tableau 2 reproduit les principaux résultats de l'analyse de régression. Comme on peut le constater, l'équation des bungalows inclut 54 variables statistiquement significatives (au seuil 0.05), sans pour autant que les facteurs d'inflation de la variance (VIF) ne fassent état de collinéarité excessive. Selon Neter, Wasserman & Kutner (1985, 391-2), ce n'est que lorsque les VIF prennent une valeur égale ou supérieure à 10 qu'il y a matière à s'interroger sur la fiabilité des coefficients de régression et des tests "t"; or, dans le sous-modèle des bungalows, la plupart des VIF varient entre 1 et 2, la valeur la plus élevée atteignant 3.7. Avec un  $R^2$  ajusté de 0.8547 et une erreur standard d'estimation de 10.6 pourcent du prix de vente moyen, les performances explicative et prédictive du modèle s'avèrent fort honnêtes. Tous les signes des coefficients de régression sont conformes aux attentes théoriques. La prédominance des caractéristiques physiques comme déterminants majeurs des valeurs résidentielles - notamment la superficie habitable et l'âge apparent - se confirme; ces variables expliquent à elles seules 50% des fluctuations de prix des bungalows. L'importance des attributs socio-

économiques (GRADUNIV) ressort nettement, avec une contribution de plus de 16 pourcent à l'explication du phénomène. Le facteur fiscal (EFFTAXRATE) est également très significatif: en dépit de recherches récentes suggérant que le recours aux procédures de régression standards se traduit par une sur-évaluation de l'effet de capitalisation des différentielles fiscales dans le prix des propriétés (Yinger et al. 1988), le coefficient obtenu ici génère un taux d'internalisation de 63 pourcent, ce qui s'avère parfaitement conforme aux résultats des études antérieures sur le sujet. Enfin, les dimensions d'accessibilité et de localisation, qui totalisent 8.5 pourcent du pouvoir explicatif du modèle, confirment l'influence qu'exerce la centralité urbaine sur le choix résidentiel des ménages. Dans une analyse antérieure (Des Rosiers, 1991), nous avons démontré qu'un éloignement de 5 à 10 minutes du centre-ville de Québec se traduit par une baisse de l'ordre de 4.6 pourcent dans la valeur moyenne d'une résidence. Dès lors, les enjeux de l'étalement urbain acquièrent toute leur signification: en effet, vue sous l'angle des problèmes financiers avec lesquels les villes centrales sont aux prises, la déconcentration des fonctions entraîne inévitablement une dévalorisation relative des rentes centrales, ce qui risque de se traduire par une détérioration progressive de l'assiette fiscale foncière qui constitue, au Canada, l'essentiel des sources de financement local.

#### CONCLUSION: FISCALITE LOCALE, TARIFICATION DES DEPLACEMENTS ET ETALEMENT URBAIN - VERS UN PARADOXE?

Les difficultés financières grandissantes des gouvernements provinciaux, causées en grande partie par l'ampleur du déficit fédéral, se sont soldées, au Québec, par une série de coupures budgétaires et par la toute récente réforme de la fiscalité municipale (dite "réforme Ryan", du nom du ministre responsable) qui transfère au palier local plusieurs responsabilités jusque là assumées par le gouvernement provincial. A cet effet, la majeure partie des transferts de responsabilités (\$216 millions sur \$334 millions) impliqués par la réforme Ryan concerne le financement des dépenses d'exploitation des organismes de transport en commun qui devront assumer seuls ces dépenses. Parmi les nombreux éléments de la réforme, on en retiendra trois que l'on peut résumer comme suit:

- Toutes les municipalités locales du Québec se voient conférer le pouvoir d'imposer une surtaxe sur les immeubles non résidentiels, en lieu et place ou en sus de l'actuelle taxe d'affaires. Les recettes provenant de la surtaxe, de la taxe d'affaires ou de ces deux sources à la fois ne peuvent excéder un certain maximum, qui est fonction de la contribution des municipalités aux dépenses d'exploitation d'un organisme public de transport en commun (OPT). Dans le cas de l'imposition de la surtaxe, les baux des immeubles touchés peuvent être ajustés en conséquence; par ailleurs la municipalité peut accorder un dégrèvement pour tenir compte des locaux vacants.

- A compter du 1er janvier 1992, les automobilistes résidant à l'intérieur des limites d'un OPT auront à défrayer une contribution de \$30 par an pour le financement du transport en commun. Ce montant sera prélevé par la Société de l'assurance automobile du Québec.

Il faut souligner que le projet de loi comportait une troisième mesure fiscale visant à permettre aux municipalités membres d'un OPT d'imposer une taxe aux

propriétaires de stationnements non résidentiels - dont la superficie excédait 500 m. carrés -, et calculée soit sur la valeur du stationnement, sur sa superficie ou sur le nombre d'espaces de stationnement. Compte tenu de l'impact fortement négatif d'une telle mesure sur l'ensemble des entreprises industrielles et commerciales des zones urbaines visées, on a décidé de retirer ce volet de la version définitive de la loi.

La réforme Ryan, tout comme la réforme de la fiscalité de la fin des années soixante-dix, répond au principe véhiculé par la théorie du fédéralisme fiscal selon laquelle ce sont les consommateurs et bénéficiaires d'un bien ou d'un service public qui doivent décider de ses modalités de production et qui doivent également en assumer le financement. En vertu de ce principe, l'offre de biens et services publics devra donc être prise en charge par le palier gouvernemental qui se rapproche le plus des bénéficiaires directs de ces biens et services. Dans son application toutefois, la récente réforme risque d'affecter lourdement, à moyen et long terme, la qualité des services de transports collectifs - si ce n'est la viabilité même des organismes publics de transport - de même que la rentabilité des activités industrielles et commerciales des municipalités. Elle aura par ailleurs des répercussions certaines sur la nature du développement urbain et sur l'ensemble des valeurs foncières et immobilières, tant résidentielles que non résidentielles. Enfin, elle est susceptible d'engendrer ou d'accroître les disparités entre municipalités en matière de quantité et de qualité des services offerts.

Si l'imposition à une majorité d'automobilistes d'un droit annuel de \$30 s'avère justifiable dans la mesure où cette taxe spécifique a le mérite d'établir un lien direct entre le développement du parc automobile et les déficits croissants des organismes de transport collectif, il n'en est pas de même de la surtaxe foncière sur les immeubles non résidentiels. A première vue, c'est le secteur non résidentiel qui devra supporter l'essentiel du fardeau fiscal supplémentaire découlant de la réforme Ryan. Cette taxe, qui demeure facultative, est essentiellement destinée au financement des dépenses de transport en commun et, pour cette raison, ne s'applique qu'à l'intérieur des territoires desservis par un OPT. Elle est chargée au propriétaire de l'immeuble et sera refilée aux utilisateurs d'abord, puis aux consommateurs, dans la mesure où l'élasticité-prix de la demande le permet. Ultimement, cette taxe - qui toucherait plus durement le secteur hôtelier - se reflètera donc dans le prix des biens et des services offerts, de même que dans le niveau des loyers commerciaux des municipalités ayant opté pour son imposition. De ce fait, elle est susceptible d'affecter la rentabilité et le caractère compétitif des entreprises locales. En fait, ses aspects les plus préoccupants se résument comme suit:

- Les écarts marqués dans la composition de l'assiette foncière des municipalités de même que les différences d'application des normes relatives à la nouvelle fiscalité sont susceptibles de déboucher sur une situation de "concurrence déloyale" entre les municipalités d'une même région et d'entraîner une accentuation des disparités socio-économiques.

- Les municipalités qui ne disposent pas d'infrastructures industrielles et commerciales suffisantes pour absorber la hausse des coûts reliés au financement du transport en commun se verront forcées de transférer le fardeau fiscal vers le secteur résidentiel via une hausse des taxes foncières générales possiblement

accompagnée d'une réduction du niveau des services, ce qui se répercutera sur les valeurs résidentielles.

- Le fait que les municipalités non desservies par un OPT (les banlieues éloignées) ne soient pas affectées par cette mesure confère à ces dernières un avantage comparatif non équivoque qui risque, à moyen et long terme, d'encourager le "vote avec les pieds" des ménages, des commerces et des industries des zones urbanisées - en particulier des secteurs limitrophes de ces zones - et de favoriser une accentuation de l'étalement urbain.

Il est évidemment trop tôt pour se prononcer définitivement sur les effets de la réforme Ryan, les réactions des municipalités et leurs modalités de mise en oeuvre des mesures fiscales pouvant être multiples. Toutefois, les quelques commentaires formulés plus haut donnent une bonne idée des enjeux probables de la réforme de la fiscalité locale au Québec. Comme on peut le constater, cette dernière risque assez paradoxalement de déboucher sur une accentuation du phénomène d'étalement urbain que viendra nourrir la réduction du niveau des services de transports collectifs.

## ANNEXES

**TABEAU 1 : DEFINITION DES VARIABLES**

VARIABLE	TYPE	DEFINITION OPERATIONNELLE
INTERCEPT	M	Ordonnée à l'origine
ACCESS	M	Indice global d'accessibilité
MUNICIPALITE	B	Nom de la municipalité de la CUQ où se situe la propriété
LNAGEAPP	M	Age apparent de la propriété, soit l'âge chronologique ajusté pour tenir compte des transformations
VIEILLE	B	La propriété a plus de 25 ans d'âge apparent
SURFBAT	M	Aire habitable de la propriété, en mètres carrés
QUALINF	B	Désigne une qualité de structure en-dessous de la moyenne
QUALISUP	B	Désigne une qualité de structure au-dessus de la moyenne
SDBTOT	M	Nombre de salles de bains et de toilettes, ces dernières comptant pour une demi-salle de bain (0.5)
BRIQUE51	B	Plus de la moitié des murs extérieurs sont faits de brique
PIERRE51	B	Plus de la moitié des murs extérieurs sont faits de pierre
LUMININF	B	Désigne une luminosité en-dessous de la moyenne
LUMISUP	B	Désigne une luminosité au-dessus de la moyenne
ELECTRIC	B	Absence d'une seconde entrée de 220 Volts (entrée laveuse-sécheuse)
SSOLFINI	B	Présence d'un sous-sol fini
LOCATOT	R	Présence d'un sous-sol loué
FOYER1	B	Présence d'un foyer
FOYER2	B	Présence de 2 foyers ou plus
ARMOIRE	B	Présence d'armoires de cuisine en bois franc
ESCALIER	B	Présence d'un escalier intérieur en bois franc
LAVEVAIS	B	Présence d'un lave-vaisselle encastré
FOUR	B	Présence d'un four et/ou d'une table de cuisson encastrés
ASPIR	B	Présence d'un aspirateur central
GALGRAND	B	Présence d'une galerie de grande dimension (240 pi. carrés ou plus)
SOLARIUM	B	Présence d'un solarium
ENTRECAV	B	Présence d'une entrée de cave indépendante
ABRIAUTO	B	Présence d'un abri d'auto
GAREXSPL	B	Présence d'un garage extérieur simple
GAREXDBL	B	Présence d'un garage extérieur double
GARINSPL	B	Présence d'un garage intérieur simple
GARINDBL	B	Présence d'un garage intérieur double
PISCINEX	B	Présence d'une piscine creusée
REMISE	B	Présence d'une remise sur le site
SURFTER	M	Superficie du site, en mètres carrés
AQUEGOUT	B	Indique l'absence d'un système d'égout
TTAXEFF	M	Taux de taxe effectif, soit le ratio du montant total des taxes sur la valeur marchande de la propriété
AGE65PL	M	Pourcentage de la population du secteur de dénombrement âgée de 65 ans et plus
GRADUNIV	M	Pourcentage de la population du secteur de dénombrement détenant un diplôme universitaire
POSTHYD3	B	Présence d'un poste de transformation de l'Hydro-Québec dans un rayon de 1 à 1.5 km. de la propriété
LNPRIMAIR*	M	Distance euclidienne en km. séparant la propriété de l'école primaire la plus proche
PARC*	M	Distance euclidienne en km. séparant la propriété du parc le plus proche
LNCOMVOIS*	M	Distance euclidienne en km. séparant la propriété du centre commercial de voisinage le plus proche
COMREG2	B	La propriété est distante de .25 à .5 km. du centre commercial le plus proche
PERIODE3	B	La décision d'acheter s'est prise entre les mois de septembre et novembre
SEMAINES	M	Nombre de semaines entre le 01/01/1986 et la date de transaction

N.B. : (1) M = variable métrique; B = variable binaire; R = variable de rang  
 (2) \* Les variables de distance marquées d'un astérisque se définissent par /d-d\*/, où d\* est la distance "optimale", i.e. celle qui maximise la rente de localisation.

TABLEAU 2: SOMMAIRE DES RESULTATS DE REGRESSION

VARIABLE	COEFFICIENT	TEST T	PROB > T	VIF	R2-PARTIEL	SOUS-TOTAL R2-PARTIEL
INTERCEPT	63 206	39,229	0,0001	0,0000		
ACCESS	56 611	11,612	0,0001	3,6722	0,0394	
						<b>0,0394</b>
STEOFY	-9 011	-12,004	0,0001	3,3265	0,0117	
CHARL	-3 560	-6,963	0,0001	2,5571	0,0011	
BEAUPORT	-7 643	-13,458	0,0001	2,4750	0,0051	
LORETTE	-5 343	-6,558	0,0001	1,5381	0,0009	
ANCLOS	-3 398	-4,836	0,0001	1,6023	0,0009	
VALBEL	-5 959	-9,556	0,0001	2,0179	0,0038	
SILLERY	7 182	4,973	0,0001	2,1997	0,0028	
CAPROUGE	-1 973	-2,031	0,0423	2,4335	0,0002	
STAUG	-16 225	-14,999	0,0001	2,1292	0,0087	
LACSTCH	-11 356	-10,791	0,0001	1,5840	0,0055	
STEMILE	-15 272	-15,682	0,0001	1,5602	0,0054	
						<b>0,0461</b>
LNAGEAPP	-6 555	-32,709	0,0001	1,9071	0,0566	
VIEILLE	-3 259	-6,468	0,0001	1,5705	0,0028	
SURFBAT	314	36,773	0,0001	1,7630	0,3870	
QUALINF	-4 213	-6,454	0,0001	1,1713	0,0045	
QUALISUP	6 703	5,328	0,0001	1,1943	0,0018	
SDBTOT	2 854	6,210	0,0001	1,8149	0,0159	
BRIQUE51	1 338	3,639	0,0003	1,2172	0,0010	
PIERRE51	2 932	1,995	0,0462	1,0624	0,0002	
LUMININF	-1 795	-2,737	0,0062	1,0540	0,0004	
LUMISUP	8 870	7,045	0,0001	1,1325	0,0054	
ELECTRIC	-2 684	-2,962	0,0031	1,1262	0,0006	
SSOLFINI	1 974	6,132	0,0001	1,4773	0,0028	
LOCATOT	5 625	7,371	0,0001	1,7298	0,0014	
FOYER1	3 664	9,924	0,0001	1,1954	0,0125	
FOYER2	7 310	4,302	0,0001	1,0673	0,0015	
ARMOIRE	2 365	5,419	0,0001	1,0605	0,0019	
ESCALIER	3 030	3,732	0,0002	1,0843	0,0008	
LAVEVAIS	1 455	5,157	0,0001	1,1334	0,0033	
FOUR	1 245	2,451	0,0143	1,0940	0,0004	
ASPIR	1 912	2,091	0,0367	1,0486	0,0002	
GALGRAND	2 035	3,790	0,0002	1,0346	0,0008	
SOLARIUM	-2 400	-3,938	0,0001	1,1102	0,0008	
ENTRECAV	1 097	2,504	0,0123	1,2661	0,0004	
						<b>0,5030</b>

TABLEAU 2: SOMMAIRE DES RESULTATS DE REGRESSION (suite)

VARIABLE	COEFFICIENT	TEST T	PROB > T	VIF	R2-PARTIEL	SOUS-TOTAL
ABRIAUTO	1 063	2,795	0,0052	1,2019	0,0004	
GAREXSPL	3 034	5,389	0,0001	1,1546	0,0014	
GAREXDBL	5 013	7,625	0,0001	1,1396	0,0032	
GARINSPL	2 563	2,419	0,0156	1,2288	0,0004	
GARINDBL	4 277	3,125	0,0018	1,1487	0,0004	
PISCINEX	4 828	6,630	0,0001	1,0977	0,0021	
REMISE	984	3,325	0,0009	1,1413	0,0004	
						<b>0,0083</b>
SURFTER	3	7,770	0,0001	1,2916	0,0026	
AQUEGOUT	-6 243	-5,445	0,0001	1,3602	0,0014	
						<b>0,0040</b>
TTAXEFF	-13 555	-35,306	0,0001	2,4923	0,0691	
						<b>0,0691</b>
AGE65PL	54	1,181	0,2376	1,8595	0,0001	
GRADUNIV	346	14,018	0,0001	3,4714	0,1656	
						<b>0,1657</b>
LNPRIMAIR	-387	-3,153	0,0016	1,1509	0,0006	
PARC	-2 187	-5,532	0,0001	1,5318	0,0028	
LNCOMVOIS	-495	-3,684	0,0002	1,3078	0,0006	
COMREG2	3 348	2,318	0,0205	1,0682	0,0003	
POSTHYD3	2 189	3,170	0,0015	1,1533	0,0008	
						<b>0,0051</b>
PERIODE3	812	2,190	0,0286	1,0283	0,0003	
SEMAINES	111	13,986	0,0001	1,0452	0,0137	
						<b>0,0140</b>
						<b>R2 TOTAL: 0,8547</b>

## INDICATEURS DE PERFORMANCE

R-carré ajusté	0,8547
Nb. obs.	2 789
Y moyen	65 597
Rac. MSE	6 956
C.V. (%)	10,60

## REFERENCES

- Bajic, V. 1985. Housing Market Segmentation and Demand for Housing Attributes: Some Empirical Findings. *AREUEA Journal*. 13-1.
- Bartik, J., J. Timothy and V.K. Smith. 1987 Urban Amenities and Public Policy. In *Handbook of Regional and Urban Economics*, Vol. II, ed. E.S. Mills.
- Bourne, Larry S. 1989. Are New Urban Forms Emerging? Empirical Tests For Canadian Urban Areas. *The Canadian Geographer*. 33-4:312-328.
- Bringham, Eugène F. 1965. The Determinants of Residential Land Values. *Land Economics*. 41:325-334.
- Des Rosiers, F. 1988. Les modèles de prix hédoniques résidentiels : une revue de la littérature. Laboratoire de recherche en sciences de l'administration de l'Université Laval. Document spécial no. 88-101, 181 p.
- Des Rosiers, F. 1991. Resivalu : An Hedonic Residential Price Model for the Quebec Region, 1986-87. *The Property Tax Journal*. 10-2:227-55.
- Des Rosiers, F., and A. Dionne. 1989. L'analyse de régression appliquée à l'évaluation de masse: un tour d'horizon. *Actualité immobilière*. 12-4: 23-33, 13-1: 21-31.
- England, R.W. 1984. Residential Access to Urban Centers: Alternative Specifications and Some Empirical Tests. *Northeast Journal of Business & Economics*. 10-2:1-11.
- Farrell, M.D. 1984. Reporting Regression Results. *Real Estate Appraiser & Analyst*. 50-2:16-21.
- Galloway, F.J., C. Hohm, and R.S. Perdue. 1985. Toward a General Home Appraisal Model: Subsample Identification, Joint Variable Construction, and Transmission of Appraiser Error. *Property Tax Journal*. 4-2:61-86.
- Hansen, Walter G. 1959. How Accessibility Shapes Land Use. *Journal of American Institute of Planners*. 25-2:72-76.
- Hickman, E.P., J.P. Gaines, J.P. and F.J. Ingram. 1984. The Influence of Neighborhood Quality on Residential Values. *Real Estate Appraiser & Analyst*. 50-2:36-42.
- Jensen, D.W. 1987. Alternative Modelling Techniques in Computer-Assisted Mass Appraisal. *Property Tax Journal*. 6-3:25-33.
- Linemann, P. 1980. Some empirical results on the nature of the hedonic price function for the urban housing market. *Journal of Urban Economics*. 8:47-68.
- Nelson, Jon P. 1977. Accessibility and the Value of Time in Commuting. *Southern Economic Journal*. 43-3:1321-1329.
- Neter, J., W. Wasserman and M. H. Kutner. 1985. *Applied Linear Statistical Models*. Irwin, Sec. Ed. 391-392.
- Rosen, S. 1974. Hedonic Prices and Implicit Markets: Product Differentiation in Pure Competition. *Journal of Political Economy*. 34-55.
- Straszheim, M. 1987. The Theory of Urban Residential Location. in *Handbook of Regional and Urban Economics*, vol. II, ed. E.S. Mills, Elsevier Science Pub. 717-757.
- Voith, R. 1991. Transportation, Sorting and House Values. *Journal of the American Real Estate & Urban Economics Association*. 19-2: 117-137.
- Yinger, J., H. S. Bloom, A. Borsch-Supan and H. F. Ladd. 1988. *Property Taxes and House Values : The Theory and Estimation of Intrajurisdictional Property Tax Capitalization*. Studies in Urban Economics, Academic Press, 219.

## NEW FINDINGS ON THE SIGNIFICANCE OF URBAN PRICING AND INDUSTRY AVAILABILITY

Dr. David Lewis, Ph.D., Partner and Chief Economist  
Hickling Corporation, Ottawa, Washington, D.C.  
and

Pierre-Pascal Gendron, Consultant,  
Economics and Public Policy Division, Hickling Corporation

### I. INTRODUCTION

Among the wide array of economic objectives established by individual nations, that of promoting productivity growth has taken on special significance. For many countries of Europe and North America, real output (GNP) -- the product of the number of workers (the labour force) times the production per worker (productivity) -- must expand at a faster pace than that achieved over the past 20 years if they are to sustain their level of material and social well-being and expand the range of economic opportunity to progressively wider segments of society. Since the labour force is expected to grow more slowly in the future than it did in the past, there is now wide-spread consensus that productivity growth must shoulder the long-term economic expansion of many countries.<sup>0</sup>

Indeed, sluggishness in a nation's productivity growth poses what is perhaps the greatest economic risk to the its long-term economic competitiveness and standard of living. Productivity growth, on the other hand, offers substantial rewards. For individuals and nations alike, higher productivity allows a nation's industry to maintain and increase real wage levels while remaining cost-competitive in international markets.

Urban congestion poses a possible roadblock to the productivity growth of nations. Increased congestion can bring with it an increase in the consumption of fuel, time, capital and other scarce resources without any commensurate increase in the volume or value of goods and services produced. On the other hand, congestion can arise as a result of growth in the production of goods and services produced. On the other hand, congestion can be viewed as an evitable cost of economic growth. Even so, there is newly emerging evidence, exposed later in this paper, which suggests that congestion inhibits firms from innovating with improved business logistics, such as reduced warehousing, smaller inventories, less costly packaging, just-in-time manufacturing, and related steps to increase productivity. Thus, whether

<sup>0</sup> Even historically, productivity growth has been crucial to U.S. economic growth. Studies by Robert Solow, Lauritis Christensen and Dale Jorgenson have attributed up to 85 percent of past growth to productivity increases as opposed to increases in the quantity of labour. (See, David Lewis, Daniel Hara, and Joseph Revis, *The Role of Public Infrastructure in the 21st Century*. Special Report 220, A Look Ahead -- Year 2020. National Research Council, 1988).



congestion reflects the consumption or production of goods and services, either way it can present a barrier to productivity growth and thus to growth in the standard of living.

The reasoning outlined above suggests that, addition to time savings and reductions in vehicle operating costs, investment in improved urban transportation infrastructure can facilitate gains to industry in the form increased productivity. This in-turn gives new impetus to the question of Benefit-Cost Analysis and its ability to account for private sector productivity impacts; and to the question of who should pay for infrastructure improvements that are found to yield such gains for private firms? The latter is especially important in light of the finding that in order to reap improvements in productivity as a result of infrastructure investment, firms substitute transportation for inventory, a structural change in the demand for transportation that has immediate implications for congestion. Underpricing can thus foster even greater economic distortions than previously thought.

## PLAN OF THE PAPER

Section II discusses the role of capital investment in promoting productivity growth and examines the availability of methodologies for measuring the relationship between public infrastructure investment and productivity growth. Section III then evaluates current practice in measuring such relationships. It finds that current methodology is lacking in its ability to measure the influence of network improvements on changes in the logistics and operations of private firms. The Section presents a methodology for measuring such benefits. Case studies summarized in Section IV indicate that the inclusion of productivity gains in the conventional Benefit-Cost framework can lead to significantly increased benefit estimates. Section IV discusses the implications of this finding for the pricing of infrastructure services.

## II. THE ROLE OF CAPITAL INVESTMENT IN PROMOTING PRODUCTIVITY GROWTH

Whereas productivity is the key to economic growth, the rate of capital investment is key to improved productivity. It is well known that the productivity of labour depends to a large extent upon the total quantity and quality of capital per worker. The greater the capital intensity per worker, the more leverage the worker has on production. Researchers have documented a strong statistical relationship between the growth rate in capital investment per worker on the one hand and the growth rate in labour productivity. Nations with high gross capital formation display high growth rates in labour productivity and vice versa. With the lowest growth rate in capital investment per worker among the nations of North America, Europe and Japan, the United States has also enjoyed the lowest rate of growth in labour productivity.

Of special importance is the effect of the rate of capital investment on the productivity of capital. Because new capital tends to embody the latest technology, the more rapidly new capital is added to the capital stock, the faster average

productivity will grow. Significantly, the rate of technological progress is itself dependent upon the rate of capital investment. The more quickly new capital is added to the capital stock, the better the quality of that capital will be in terms of the innovative technology it embodies.<sup>1</sup> This in turn means higher productivity and higher growth.

How is it that capital investment stimulates technological advance and productivity growth? According to recent economic research,<sup>2</sup> the answer may be found in the way technological change is incorporated into capital equipment and facilities. Except for a small part devoted to basic science, research and development is seldom undertaken unless its results are expected to be applied in new facilities and superior operating modes that can improve productivity, reduce costs or raise the quality of goods and services. Therefore, a larger rate of investment creates a market for technological improvements, spurring technological advance and improved productivity.

To ensure that capital investment triggers enhanced productivity, there needs to be a complementary relationship between the quantity of capital investment and the quality of that investment. For private investment, profit seeking market forces naturally ensure that firms try to distinguish good project from bad, unprofitable and unproductive projects.

In the realm of public investment, however, market forces are weak and a deliberate effort on the part of public officials must be made to seek out those infrastructure projects and programs that offer scope for enhanced productivity. To succeed, managers must apply appropriate evaluation methodologies; in addition the role of pricing needs to be given renewed attention. These two subjects are discussed in depth in the following two sections, respectively.

## III. ACCOUNTING FOR PRIVATE SECTOR PRODUCTIVITY IMPACTS OF PUBLIC SECTOR INVESTMENTS

Benefit-Cost Analysis is the appropriate tool to guide public investment decisions. In the context of infrastructure investment, the scope of current practice of benefit-cost analysis is, however, insufficient.

The infrastructure improvement benefits that are quantified under current practice generally include immediate impacts on private sector costs but ignore the

<sup>1</sup> An obvious example here is the rate of capital investment in computers and advanced automation; the more quickly U.S. corporations adopt modernized computer technology, the faster they can innovate and reap productivity gains. A less obvious example is the rate of capital investment in highway network improvements. Since "just-in-time" inventory technology effectively embodies modernized highway design and traffic control, an effective network improvement program can lead firms to adopt more productive inventory systems; clearly, the more rapidly the network improvements occur, the more rapid the pace of inventory productivity will be.

<sup>2</sup> Ralf Landau, **U.S. Economic Growth**, Brookings Institution Review, August 1990 (See also Landau, *Scientific American*) June 1988



longer run impact on private sector productivity. Benefits, as commonly measured, constitute an underestimate of the "true" benefits of infrastructure improvement by ignoring the potential impact of private technological improvements enabled by the new infrastructure.

For example, road improvements will allow users to travel more quickly at less cost. This may in turn alter the trade-off between transportation costs and the costs of maintaining distribution points, leading firms to change their logistics and operations. Current benefits measurement will capture the immediate cost savings, but tend to ignore the long run benefits of logistical reorganization. They may also miss the impact of other technological changes enabled by the investment in road improvements.

Equally important, alternative investment options may be improperly ranked by ignoring their impacts on private sector productivity. Which of several road improvement options is the most worthwhile? A widened road may yield the highest immediate benefits. But a new road may enable more firms to take advantage of the flexibility of satellite location and dispatching technologies.

The desirability of accounting for private sector productivity impacts is heightened by two current considerations:

- National concerns with improving productivity and increasing international competitiveness; and
- The reduced level of investment in public infrastructure in the last decade may mean there is significant pent-up demand by infrastructure users to alter their logistics and operations to meet changed patterns of demand and adopt new production and distribution technologies.

Current Benefit-Cost practice has not addressed this issue for the lack of a practical and convenient estimation methodology. Typically, private sector productivity impacts have been lumped together with other "general equilibrium" concerns and measuring the ever elusive impact on land rents.

The methodology presented here offers a practical approach to measuring the impact of infrastructure improvements on private sector productivity in the transportation/distribution industries. The method is both academically sound and reasonable in its information requirements.

The methodology is developed in the context of logistical and technological improvements by firms as they adapt to improvements in highway networks, but it is equally applicable to any type of infrastructure improvement. Suggestions are also offered for the extension of the model to special cases.

Application of the model to Benefit-Cost Analysis of investment projects is expected to yield a more accurate appreciation of the benefits of the project, and a greater ability to discern between alternative investments.

This section will first elaborate on the problem of measuring private sector productivity, and then present a proposed methodology to meet the problem. The description of the methodology is followed by numerical examples, and suggestions for further improvements.

## THE PROBLEM

We begin by contrasting current practice measuring infrastructure-related benefits to the improvements anticipated by accounting for private sector productivity improvements.

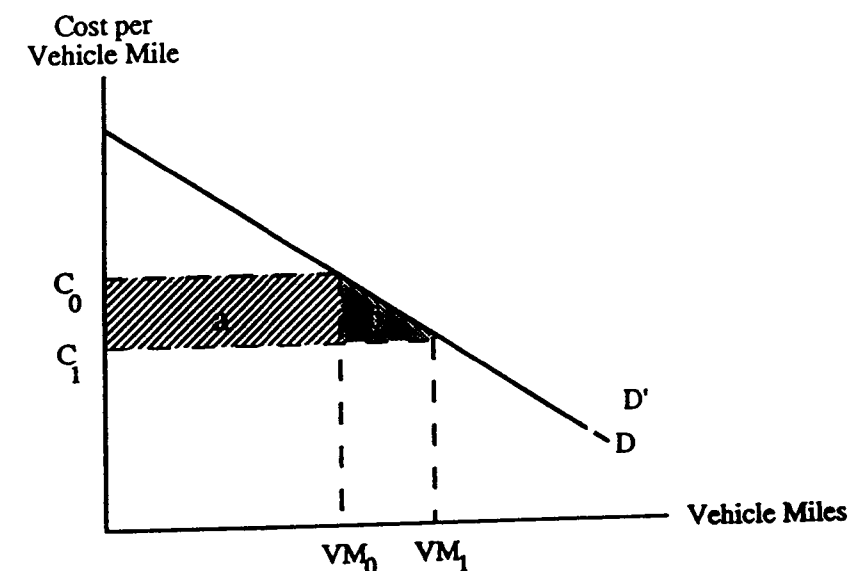
### Current Practice

The conventional approach to measuring benefits of infrastructure investment is to estimate the direct cost savings to current users, and add an additional allowance for the benefits of increased infrastructure use caused by the lowered costs. No allowance is made for private sector productivity gains from restructuring enabled by investment. Such restructuring can include, for example, reduced inventories in exchange for greater use of transportation systems; reduced stocking points (depots and so on); and the adoption of more efficient production-line technologies (such as just-in-time inventory).

Figure 1 illustrates the conventional approach for road network improvements. Use of the road network is expressed in vehicle miles for this example, but any physical unit of use would be appropriate.<sup>3</sup>

Before the road network improvement, current use is  $VM_0$  and the cost of operation to users is an average of  $C_0$ . Demand for road use ( $D$ ) is a function of the cost of road use, expressed in cost per vehicle mile. This cost corresponds to a generalized cost since it includes time, fuel, wear, depreciation, etc., as well as delay costs due to congestion. The lower the cost of using the road network, the more it will be used.

Figure 1 - Common practice of evaluating benefits of road improvements



<sup>3</sup> For example, average trips.

Suppose the road network improvements is expected to reduce congestion, saving time, fuel, and depreciation. The reduced cost per vehicle mile is estimated to be at  $C_1$ . Because of the lower cost of using roads, use expands to  $VM_1$ . To estimate  $VM_1$  the sensitivity of road use to the lowered cost will usually be estimated from local historical information or from studies of similar conditions elsewhere. For example, past information of the reaction of road use to congestion can be used.

The investment benefits consist of the shaded areas (a) and (b) in Figure 1.4 Area (a) is the cost savings based on current road use, while area (b) is the net value of the increase in road use. Area (a) is estimated by multiplying the savings per vehicle mile by the total vehicle miles currently travelled (e.g. \$1.00 per mile savings over 1 million vehicle miles is 1 million dollars.) Area (b) is usually approximated by the formula for a triangle, that is, one half the increase in vehicle in miles multiplied by the savings in vehicle miles.

In summary, the decision making authority usually begins with knowledge of current level of use of the infrastructure and current costs of using the infrastructure to users. Estimates are made of the cost reduction to users from infrastructure improvements and the resulting increased volume of use. The estimated benefits represent the immediate cost savings to users, both new and old.

#### *Missing: Private Sector Productivity Impacts*

The underlying assumption of the usual approach is that production and distribution technologies and patterns of infrastructure use will remain largely the same, except for expansion of road use as a result of the new investment.

Many potential impacts of infrastructure investment remain unaccounted for in the approach outlined above. What if firms reorganize their logistics and distribution networks as a result of the road improvements? What if the elimination of congestion improves the reliability of delivery schedules so that smaller and more frequent deliveries are made (in order to reduce inventory and handling costs)? What if the road improvements permit larger vehicles in some areas, or reduce packaging requirements?

In the extreme case, what if road improvements improve the efficiency of the road network to the point that there are fewer vehicle miles travelled? How can the benefits be measured then?

#### *Solution: Quantifying the Shift in Demand for Infrastructure Use.*

Typically, changes in distribution networks and other technological change enabled by investment have been considered "general equilibrium" impacts. Such benefits will ultimately emerge in the increased rents to well located land, plus increased income to other scarce factors of production.<sup>5</sup> Because identifying changes

<sup>4</sup> Using willingness to pay as a standard of measurement.

<sup>5</sup> Increased land rents is commonly cited, however it is more accurate to state that increased rents may accrue to any scarce factor of production involved in a transportation using industry.

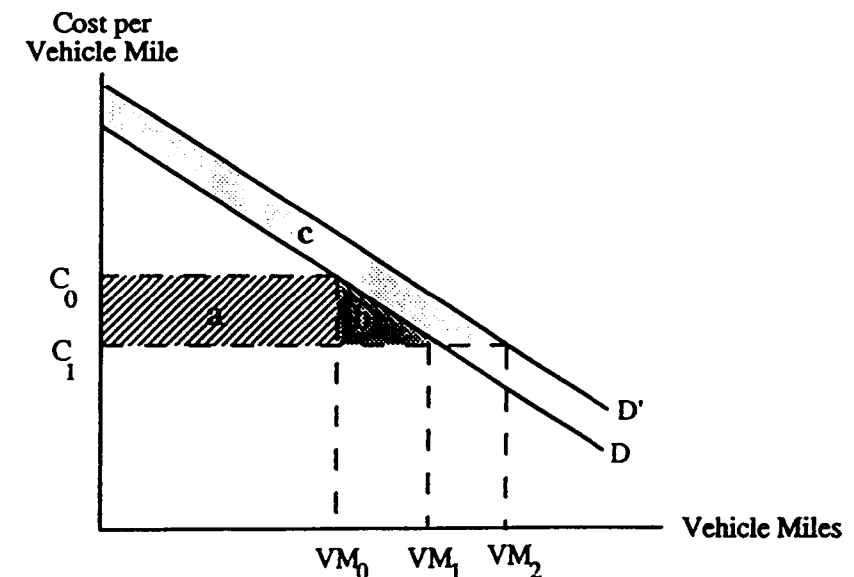
in land rents is a difficult task, measuring these benefits is commonly avoided.

An alternative way of measuring private sector productivity impacts is through the demand curve, namely the same analytic device used in the conventional approach (including that of the AASHTO Manual). It can be shown that the net benefit of private sector productivity improvements will be found in an increased area under the demand for infrastructure use.

For example, if the improved road network permits firms engaged in distribution activities (supermarkets, for example) to lower their inventory overheads, their demand for infrastructure may increase. The lower inventory costs create additional potential profit, resulting in an increased willingness to pay for the use of infrastructure at any volume of use.<sup>6</sup> Stated differently, the firms increased willingness to pay stems from the net gain in profit arising from the substitution of transportation for inventory.

Figure 2 illustrates this example. The higher demand curve  $D'$  represents the shift in demand from the reduced inventory costs. The combined impact of lower operating costs per vehicle mile and the inventory savings results in volume of use  $VM_2$ . The benefits are given by the increase in surplus, areas (a+b+c). Area c is the impact of inventory reductions, and would likely have been missed by current practice.

Figure 2 - Missing impact of productivity gains of road improvements



For example, those with entrepreneurial skills within the transportation industry may benefit.

<sup>6</sup> This profit need not actually be received by the transportation firms. In a competitive transport industry, the gains from the inventory savings will be passed on through lower prices to others. The eventual recipients will be the owners of scarce factors of production, such as land.

Since any productivity increase in transportation-using industries creates an increased willingness/ability to pay, the net impact of any productivity improvement is captured by increases in the area under the demand curve. Therefore, the impact of private sector productivity improvements may be measured by quantifying shifts in the demand for public infrastructure. Quantifying shifts in the demand curve is the focus of the methodology presented below.

Shifts in demand in response to infrastructure investment must be considered common. It is part of a classic transportation decision to trade-off transportation costs against inventory and handling costs. Inventory and handling costs can be reduced by more frequent deliveries of goods. Any significant change to road networks will alter the optimal trade-off for transport using firms, creating a shift in demand. According to Dr. Martin Farris, a professor of transportation and industry logistics at Arizona State University, the need to keep a constant watch on transportation infrastructure developments in order to identify profitable shifts in production and distribution logistics is a critical feature of the education and training of logistics managers at the Bachelor's and Master's level. As discussed below, this indicates that the information needed to anticipate productivity gains due to infrastructure improvements should be available through careful surveys and consultation with industry.

#### INFORMATION REQUIREMENTS OF THE METHODOLOGY

Practical measurement consists of two elements. First, the methodology must be defined in a way that is both theoretically sound, and relies only on available information. Second, a methodology must be developed to gather that information at a reasonable cost.

This section develops a list of information requirements. The next section suggests how this information may be obtained.

#### The Objectives of Measurements

The net benefits to infrastructure improvement, including private sector productivity gains, are defined by areas (a+b+c) in Figure 2.

To estimate Figure 2 we need the sufficient information to establish;

- the before-investment demand curve for infrastructure use.
- the after-investment demand curve for infrastructure use.
- the reduction in operating cost from the road improvements.

The text below summarizes the mathematical identities developed for the present purposes and identifies the information requirements for calculating them. A spreadsheet model has also been developed to enable those without a mathematical or economics background to make estimates. Readers not wishing to scrutinize the development of information requirements may wish to proceed to the discussion on data collection under "A PRACTICAL MEASUREMENT METHODOLOGY" further below.

#### Finding the Demand Curves

If we simply estimation by using linear demand curves, then the before and after investment demand curves may be stated as straightforward relationships of available data. The initial demand curve may be stated as

$$C = a - bVM \quad (1)$$

where

C = Cost per unit of use (e.g. operating cost per vehicle mile).

VM = Level of use demanded (e.g. number of vehicle miles).

and (a) and (b) are constants.<sup>7</sup> (a) and (b) can be calculated from current operating costs, current use of infrastructure, and an estimated elasticity of demand. Specifically:

$$a = C_0 + (C_0/N) \quad (1.1)$$

$$b = C_0/(N \cdot VM_0) \quad (1.2)$$

where  $VM_0$  is the volume of use before road improvement (e.g. vehicle miles),  $C_0$  is the operating cost before the road improvement (e.g. cost per vehicle mile), and  $N$  is the sensitivity of road use to operating costs (the "elasticity" of demand).

The innovation offered by the methodology presented in this paper is to show that the new demand curve, after infrastructure improvements, may also be estimated as:

$$C = a - bVM \quad (2)$$

where (a) and (b) are changed to reflect changes in operating costs and in demand for transport:

$$a = [C_0 + (C_0/N)] / [1 + DVM]$$

$$b = [C_0/(N \cdot VM_0)] / [1 + DVM]^2$$

where:

DVM = The percentage change in road use required by road using firms to provide their clients with the same volume of service as before the infrastructure investment. For example, if firms travelled 5,000 vehicle miles daily to deliver 10,000 tons of goods before the investment, and will travel 4,000 vehicle miles daily to deliver 10,000 tons, then DVM is negative 20% or (-20).

DVM may also be positive. If road improvements lead to fewer and larger points of distribution, the amount of road use for any volume of deliveries may increase as a result.

<sup>7</sup> (a) is the intercept on the C axis, and (b) is the slope.

Necessary information for defining the demand curves in (1) and (2) is:

- Current volume of use of the road network, such as vehicle miles (VM<sub>0</sub>).
- Current generalized operating costs per unit of road use, such as cost per vehicle mile (C<sub>0</sub>).
- An estimate of the sensitivity of road network use to operating cost (elasticity of demand) (N).
- The percentage change in road network use under new firm logistics and operations, assuming the same volume of transportation service is being provided to customers as before the road improvements (DVM).

### Operating Cost Savings

Cost savings will take two forms. There will be the customary direct cost savings in driving time, fuel, depreciation, etc. There will also be the net savings from changes in firm logistics and operations, or other technological change. The latter is the category that is often missed by current practice.

It is appropriate to include both types of savings as savings in operating costs. The volume of road network use is driven by the volume of business handled by transportation oriented firms. A reduction in overall costs of transportation services will result in the same increased volume of business, and consequent road use, regardless of its source. Therefore, the impact of a reduction in inventory costs on road volume will be the same as an equivalent reduction in operating costs per unit of road use.<sup>8</sup>

Therefore, we may define the reduction in operating costs (\$DC) as

$$\$DC = \$DS + \$IS \quad (3)$$

where DS is the customary direct savings and IS is the indirect savings. For example, IS might be based on inventory savings divided by vehicle miles travelled.<sup>9</sup>

Necessary information is therefore

- An estimate of cost savings per unit of physical use that included an equivalent allowance for the indirect savings from improvements in logistics and operations and other technological change (\$DC).

<sup>8</sup> The economist' "substitution effect" between road transport and inventory is accounted for in the shift of the demand curve, e.g. (DVM).

<sup>9</sup> The astute reader will note that this approach assumes that inventory costs and other sources of savings will vary with road network use. While individual firms may regard inventory costs as part of fixed overhead, they will, on average, vary with overall volume of business handled by the industry. A lowering of overhead costs will have the same effect on total volume of road use as an equivalent lowering of the direct operating costs of vehicles.

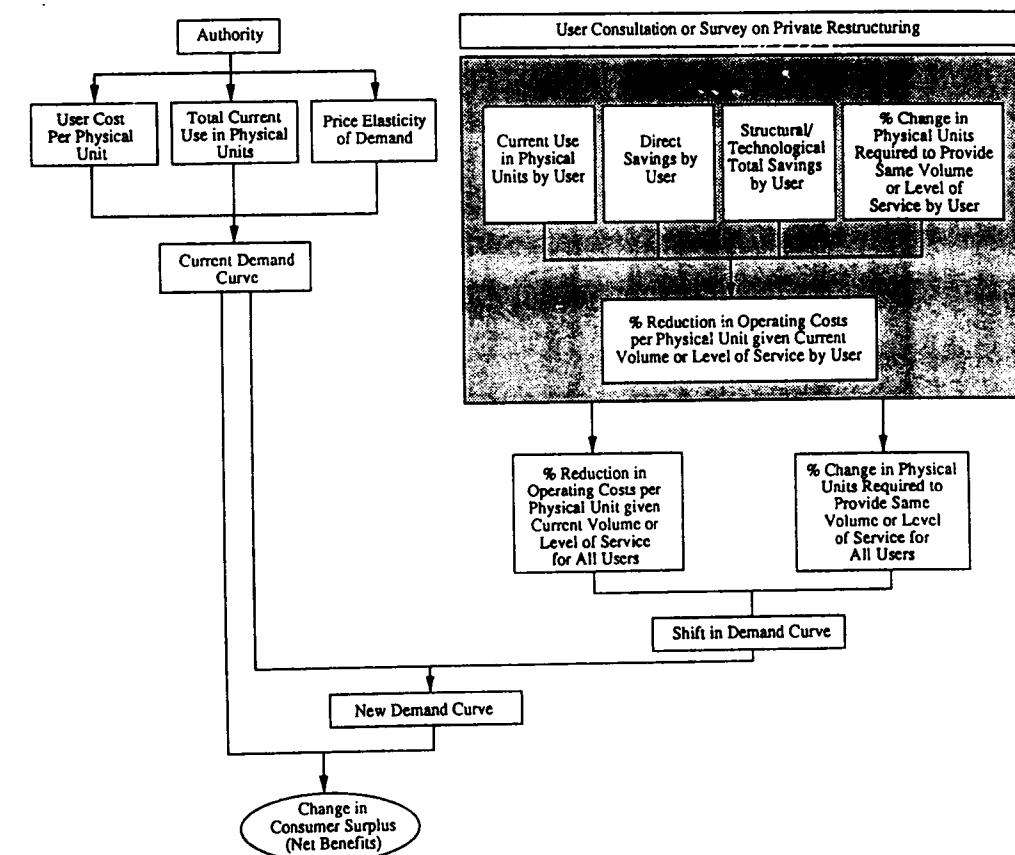
### A PRACTICAL MEASUREMENT METHODOLOGY

We may summarize the information requirements to estimate net benefits of infrastructure investment in two blocks. First there are those items that are normally required in current Benefit-Cost practice, as illustrated in Figure 1. Drawing from the previous section, they are:

- Current volume of use of the road network, such as vehicle miles (VM<sub>0</sub>).
- Current generalized operating costs per unit of road use, such as cost per vehicle mile (C<sub>0</sub>).
- An estimate of the sensitivity of road network use to operating cost (elasticity of demand) (N).

Figure 3 illustrates the role these three items of information play. They are used to estimate the current demand curve for infrastructure use.

Figure 3 - Accounting for private sector productivity gains



The additional information required by the proposed methodology is necessary to estimate changes in the demand curve after road improvements. They are:

- The percentage change in road network use under new firm logistics and operations, assuming the same volume of transportation service is being provided to customers as before the road improvements (DVM).
- An estimate of cost savings per unit of physical use that includes an equivalent allowance for the indirect savings from improvements in logistics and operations and other technological change (\$DC).

The latter two requirements are unique to the proposed method. Discussion will focus on them.

Evaluation of the practicality of information requirements should be made on two levels:

- Is the information something that an individual firm could reasonably answer?
- Is there a cost-effective way of gathering the information for an entire industry?

#### *Questions for Individual Transportation Firms*

The best and only source of information about how road improvements will affect transportation using firms, is the firms themselves.

It is important in gathering information from firms that questions be reasonable and in terms that firms will be able to answer without excessive effort.

Answers to the following questions would answer the estimation needs of the model:

- How many vehicle miles (or other unit of choice) do vehicles operated by your firm travel annually?
- What proportion of these vehicle miles are travelled within the affected region?
- What is your total annual expenditure on drivers' wages, fuel, vehicle maintenance, etc? (list set of direct cost measures)
- If these road improvements are implemented, and assuming that your volume of business stays at past levels:
- What savings do you anticipate on the direct costs (listed previously)?
- What changes in your operations, if any, would you undertake to take advantage of these improvements?
  - Are you likely to adopt inventory reductions?
  - Reduced number of stocking points?
  - Increased application of just-in-time inventory practices?
  - Changes in fleet composition?

- A new production or distribution technology?
- A new technology sooner than previously planned?
- Other changes in operations?
- What further cost reductions do you anticipate from these changes in operations?
- What changes in vehicle miles (or other unit) do you anticipate as a result of these changes, given the same volume of business as your currently have?

Transportation intensive firms could reasonably be expected to answer these questions. Making trade-offs between stocking points and transport expenditure are a key feature of cost control in modern companies. The questions all focus on operational cost savings available to the firm, **given its current volume of business**. This reduces questions to an entirely technical level. Firms are not requested to speculate on how firm or industry demand changes. The basic requirement is limited to showing firms the new alternative plans and asking, in dollars and cents, how it will likely benefit them.

Answers to the above questions would be enough to determine the percentage change in operating cost and the percentage change in volume of use for the individual firm. The increase in distance travelled is a direct question. The effective decrease in cost per unit of infrastructure use would be calculated using the following calculation.

The current operating cost ( $C_0$ ) per physical unit is a straightforward division of firm direct transportation costs divided by the vehicle miles travelled (or other unit measuring use).

The effective new operating cost ( $C_1$ ) is previous cost per unit of road use ( $C_0$ ) minus the direct savings in time, fuel, etc.. ( $DS$ ) per vehicle mile travelled, minus the indirect savings ( $IS$ ) per unit of road use:

$$C_1 = C_0 - \$DS - \$IS/[VM_0 * (I+DVM)] \quad (3)$$

where

$C_0$  = The operating cost per unit of road use before road improvement. (Current firm transport costs divided by vehicle miles or other unit.)

$\$DS$  = The direct savings per unit of road use, such as driving time, fuel, depreciation, tire wear, etc.. This may have been calculated for all firms previously from knowledge of the nature of the road improvements, or may be taken from the firm's stated savings.

$\$IS$  = Total indirect savings from changes in operations and logistics, or other adaption to the road improvements.

$VM_0$  = The firm's current use of the road network, expressed in a vehicle miles or other unit.

$DVM$  = The percentage increase in the firm's use of the road network resulting from its operational improvements, and assuming it continues to serve the same volume of business as before.

Note that the indirect savings (\$IS) are divided by the vehicle miles travelled after the road improvements ( $VM_0 \cdot (1 + DVM)$ ).

The calculation expressed by (3) represents firms expectation of the reduction in cost caused by the road improvements, on a per unit of road use basis. Each element of the calculation is satisfied by one of the questions above.

Naturally, firms may be uncertain about some of their answers to these questions. They may wish to speak in ranges of possible impacts, or likelihoods of making changes. Methods for handling this uncertainty are discussed further below.

#### *Developing Estimates For Total Benefits*

To obtain total benefits of a road improvement, categories of transportation-using firms need to be established and representative responses gathered from each. Total benefits will be the benefits to each type of firm weighted by their respective numbers.

Figure 3 illustrates the general approach. Firms that, directly (with own-account transportation) or indirectly (with purchased transportation services), make use of the road network are consulted and the responses codified to estimate the average reduction in operating costs and increase in road use. The identities presented above are then applied to calculate the increase in the area under the demand curve, which represents the net benefits of the road improvements.

#### *Cost-Effective Ways of Gathering Firm Information*

We suggest three methods of gathering information from representative firms:

- Consultation;
- Survey; and
- Panel Sessions

Consultation and surveys are the two most common methods of information gathering. Consultation with known transportation firms is the most inexpensive, but is easily subject to bias. Broader survey efforts rectify bias, but are costly.

Structure panel sessions, with trained logistics managers from within firms, are to be preferred for most cases. Representative groups of transportation-using firms are gathered and asked, through a structure series of discussions, to estimate average values for their industry group. This process has the advantage of incorporating peer review of responses, challenge by panel organizers, and immediate feedback. It also involves potential beneficiaries (and opponents if so desired) directly in the quantitative evaluation of the benefits.

Panel sessions avoid the costs of conducting and processing surveys, while preserving objectivity and representation in the process.

Panel sessions also lend themselves well to assessing the degree of risk and uncertainty involved in estimated benefits. When combined with a technique called Monte Carlo simulation, they can provide a clear picture of both average expected benefits, and the true range of uncertainty in those benefits created by weakness in

the underlying data.

#### **ACCOUNTING FOR UNCERTAINTY USING RISK ANALYSIS**

Risk Analysis, used in a specialized way,<sup>10</sup> is an example of what may be termed a "consultative Monte Carlo process". It employs panel sessions in combination with Monte Carlo analysis. Monte Carlo analysis may be briefly explained through Figure 4. In the normal calculation of an estimate, a single set of input values is used to calculate an expected benefit. A Monte Carlo analysis recognizes that the values of input values, such as the reduction in cost per vehicle mile, is uncertain.

Instead of being given a single value, each input is given an expected value and a range of uncertainty. A computer program uses this information to repeatedly select random input values and calculate expected benefits. After a sufficient number of repetitions, the computer will have generated a complete probability distribution of the benefits. From this probability distribution it will be possible to make statements like "the net benefits of this project are 90% likely to exceed \$3 million, with out best estimate being \$5 million".

The role of the panels of transport firm representatives is to set the ranges of uncertainty on inputs. The panel members are not required to have knowledge of statistics. They need only have sufficient knowledge of their own firms to state the likely range of impacts of the proposed improvements. For example, "We estimate that the effect of opening up corridor B would be to reduce our travel time by 10% to 20%, with our best guess being 17.5%". And, "we give a 20 percent probability to the adoption of just-in-time inventory one year after the road network improvement; a 50 probability within one year; and a 95 percent probability within three years."

Through a structured series of questions, panel members can provide a true assessment of their own level of uncertainty on logistics changes in response to infrastructure improvements, which is turn are incorporated into the benefits estimation to yield a realistic appreciation of the degree of uncertainty ( or lack of uncertainty) about the net benefits of the proposed investment.

#### **EXAMPLES OF APPLICATION: A ROAD NETWORK IMPROVEMENT**

Project 2-17(1) has developed a computer program (for use with Lotus 1-2-3 and desk-top computers) to relieve practitioners of the computational procedures outlined above. The following cases are based upon the application of this software.

The first to two examples presented here is drawn from a timely 1989 article by D.A. Quarmby, "Developments in the Retail Market and their Effect on Freight Distribution."<sup>11</sup> Quarmby's article is interesting because the author is both a well-regarded transportation economist with many years of public sector experience and (currently) Vice-President of Logistics and Transportation for Sainsbury's, Britain's

<sup>10</sup> The process outlined here is called the Risk Analysis Process (RAP), developed by Hickling Corporation for assessing infrastructure impacts under conditions of uncertainty.

<sup>11</sup> *Journal of Transport Economics & Policy*, 1989.

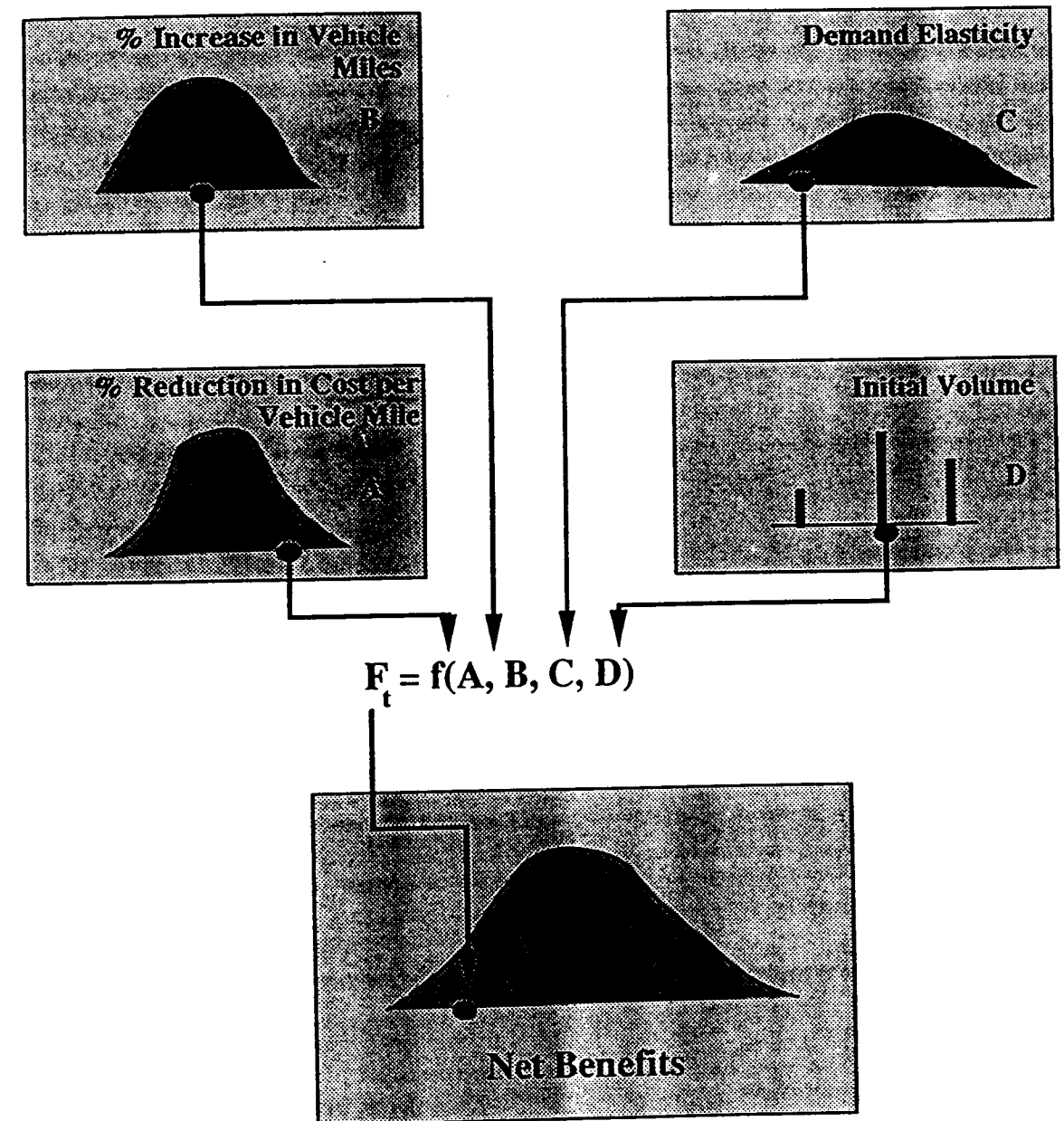


largest supermarket wholesale and retail enterprise. The article addresses the same problem as discussed here, the overlooked benefits of logistical and operational improvements available to firms as a result of road network improvements.

Quarmby considers the impact of a road network improvement on food distribution in his firm alone (rather than the industry overall). The road improvements are seen to have two impacts. One is to reduce the driving time required for trips. The second, as result of the faster driving time, is to permit the firm to make a major structural change in logistics, namely to reduce the number of its depots from 6 to 5. The closure of depots requires an increase in the number of miles travelled of 9.5%, but the additional cost is outweighed by the savings from closing a depot. Savings in closing the depot come from reduced inventory holdings, and economies of scale in handling increased volumes of goods with one less depot.

Quarmby looks at the measurement of benefits to his firm in two ways. In Case A, he counts only the savings in driving time and associated costs, assuming that the structure of the firm's operations remains the same. In Case B, he considers the additional impact from the reduction in the number of depots.

Figure 4  
MONTE CARLO SIMULATION  
A WAY TO COMBINE PROBABILITIES





Quarmby then provides the following table calculating benefits in terms of pence saved per case of goods handled. He also provides the information that total transportation costs are 20 pence per case.

#### SAVINGS FROM IMPROVEMENTS IN ROAD NETWORK

	Per case handled
Case A	
- Transport savings without restructuring	1.3
Case B	
- With restructuring:	
Marginal volume benefit	1.6
Stock saving	0.5
	2.1
Less extra transport cost	0.5
<b>TOTAL</b>	<b>1.6</b>
- Extra benefit over transport savings	0.3 over 1.3p=23%

In Quarmby's example the true benefits to the firm, including the benefits of restructuring, were 23 percent higher than those captured by conventional Benefit-Cost practice which would measure only the direct benefits from faster travel time.

As well as being an instructive example, Quarmby's article provides the kind of information that could reasonably be provided by transportation-intensive firms in the panel process outlined above. Quarmby's Case B calculation shows the net improvement to the firm, including the impact of firm restructuring and assuming its volume of business remains the same.

From this example we can derive the information necessary to make a broader estimate of total benefits of the road network improvement to all firms. Taking Quarmby's example firm as representative, the average increase in vehicle miles

travelled is estimated in the article to be 9.5%. Therefore (DVM = 0.095).

To obtain the percentage reduction in transport cost we may rewrite identity (3) as

$$C_1/C_0 = 1 - \$DS/C_0 - \$IS/[C_0 * VM_0 * (1 + DVM)] \quad (4)$$

The percent reduction in transport costs due to direct savings in time ( $\$DS/C_0$ ) is the same as the proportion savings in total transportation costs per case (1.3/20) or 6.5%. In addition, the ratio of structural savings to total transport costs ( $\$IS/[C_0 * VM_0]$ ) is equal to the ratio of structural savings per case to transport cost per case (2.1/20 = .105). We may rewrite (4) as

$$C_1/C_0 = 1 - .065 - .105/(1 + .095) = .84 \quad (5)$$

Therefore operating costs per vehicle mile fell to 84% of their original value, or a 16% reduction.<sup>12</sup>

This information that vehicle miles increased 9.5% and operating costs decreased by 16% would normally be combined with overall market information on the elasticity of demand and cost and volume of use to establish net change in the area under the demand curve.

Since Quarmby's article does not extend from the firm to the total market, let us arbitrarily assume an elasticity of ( $N = 1.0$ ), and an initial cost of 1,000 pence (10 pounds) per vehicle mile, and a volume of use of 10,000 vehicle miles annually.

Applying our demand relationships (1.1) and (1.2) yields an initial demand curve of

$$C = 2,000 - .1 * VM \quad (5)$$

and an after road improvement demand for road use of

$$C = 2,000/1.095 - (.1/1.095^2) * VM = 1,826.5 - .0834 * VM \quad (6)$$

Under these values, the net surplus, established by the algorithm is 834,160 pence (8341.6 pounds). This may be compared to a surplus of 671,125 pence (6,711.3 pounds) if calculated according to the current practice of Benefit-Cost Analysis. Therefore, the common practice of ignoring restructuring by firms causes benefits to be underestimated by 24.3% in this example.

#### EXAMPLES OF APPLICATION: THE PARADISE PARKWAY

The Paradise Parkway concept is fully access-controlled corridor improvement for Phoenix, Arizona. The Paradise corridor has been a component of the City of Phoenix Major Streets and Highway Plan and the Maricopa Association of Governments (MAG) Freeway/Expressway Plan since 1961 and 1974 respectively. The example has been developed here with the permission of the Arizona Department of Transportation but does not represent ADOT opinion. It should also be noted that the example represents a mix of actual data and hypothetical projections; more study would be needed to reflect the Paradise concept

<sup>12</sup> Note that for Quarmby's firm the 16% reduction in per vehicle mile costs was partially offset by the 9.5% increase in vehicle miles for a net saving of 8% ( $1 - 1.095 * .84 = .08$ ) or 1.6 per case.

comprehensively.

Population and employment forecasts in the corridor study area indicate that the 1985 population will increase by 38% by year 2005 and 1985 employment will increase by 42% by year 2005. In addition, current traffic exceeds capacity of the existing street system at numerous locations. As a result, there appears to be a need for additional facilities to accommodate current and projected travel demand.

The present network is a "grid" system of major arterial streets at one-mile intervals, interspersed with minor arterials and collectors at half-mile spacing. Analysis of the present roadway system suggests that average daily traffic volumes regularly exceed desirable levels of service within the corridor and long delays due to extreme congestion are commonly observed at peak hour at several intersections.

In order to alleviate the above problems, the project would entail several network improvements that are expected to reduce:

- The number of intersections during peak;
- The number of roadway miles during peak as a proportion of total corridor street mileage;
- Travel times, especially for east-west trips;
- Daily vehicle miles of travel;
- Fuel consumption;
- Out-of-pocket operating costs;
- Air pollutant emissions; and
- Accidents.

The above list incorporates a number of potential cost savings that are recognized in conventional Benefit-Cost Analysis of road network improvements. However, to simplify the demonstration, we will set aside the questions of reduced air pollutants and accidents.

Suppose that the principal user firms are all identical. Each has 7 wholesaling depots distributed along the Paradise corridor which serve 10 supermarkets that are also distributed along the corridor. Each depot is located closer to the parkway than the supermarkets in order to make deliveries from depot to supermarket by transport firms as easy and efficient as possible.

A panel session is held of members of these firms, including logistics managers. Consensus is reached that the Paradise Parkway would have the following impacts on the average firm.

- If no restructuring is undertaken by the firms, the reduced driving time will reduce transportation costs by 5%.
- The need for one depot located at the west end of the corridor would be eliminated. Currently it is maintained and used for morning deliveries only since current westbound traffic flows are very heavy in the morning. The parkway would eliminate this congestion.
- Delivery times to depots are now more reliable. Deliveries to the

depots will be increased from once daily and the amount of inventory carried by depots will be reduced to a half a days supply. Net savings will result from the reduction in inventory and the reduction in spoilage of perishable goods.

- The percentage change in vehicle miles required to provide the same volume or level of service under the new arrangements is 8.5%.
- The combined savings from the closed depot, reduced overhead and reduced spoilage is equal to an additional 13% of current transportation costs.

Suppose, in addition, that the following information was known about industry use of the road network served by the Paradise parkway:

- The average operating cost per vehicle mile is \$2.
- Current total vehicle miles, all firms, is estimated at 700,000 annually.
- The absolute value of the elasticity of vehicle miles with respect to operating costs is 1.3.

From the above information the change in road use is (DVM = 8.5%). The reduction in costs is  $(5\% + 13\%/1.085 = 17\%)$ . Applying this information to the algorithm yields an estimated net benefit to industry of \$148,230. Ignoring the impacts of private sector restructuring would yield an estimate of only \$72,275, an underestimate of 105.1%.

## AREAS FOR RESEARCH

While operational, the methodology developed here should help focus future research into the relationship between transportation and the economy. Key studies would include:

- Retrospective case study investigations of the impacts of past network improvements on actual firms' decisions to change production and distribution logistics and operations. These would be quantified using the methods and computer programs developed above to give meaningful estimates of the productivity impacts of actual projects;
- Improved sampling techniques for the identification of representative firms for use in the process of estimating the productivity impacts of proposed network improvements;
- Development of a classification scheme of logistics and production/distribution technology improvements that can follow from transportation network investments. This scheme could follow from both the retrospective case studies suggested above and from direct case studies and interviews with firms. The classification scheme would be useful in a number of ways, including the conduct of panel sessions and the general search for productivity benefits associated with infrastructure improvements; and
- Development of a taxonomy of logistics and technology improvements classified according to the firms and industries in which such

improvements can take place. This taxonomy would, in turn, be cross-classified with the infrastructure improvements that can help trigger such productivity impacts. This framework, developed on the basis of case studies and surveys (see above), would assist in the identification and quantification of potential productivity gains associated with prospective infrastructure improvements.

Among the possible technical improvements to the algorithms developed here are:

- Allowance for increasing returns to scale in transportation itself. The current method makes the conservative assumption that cost savings per unit of traffic volume remain constant as traffic expands. Cost savings are likely greater for transportation firms as volume increases. More deliveries within a given radius mean less dead-heading.
- Coverage of private sector productivity impacts in clients of transportation using firms. The current method only covers productivity improvements within the transportation using firms themselves.
- Elaboration of cases to cover specific types of productivity gains.
- Generalization to cover non-linear demand curves. The current solution set uses linear demand curves as an approximation.

#### IV. IMPLICATIONS FOR ROADWAY PRICING

A corollary of the analysis presented above is that, in addition to time savings and reductions in vehicle operating costs, investment in improved urban transportation infrastructure can facilitate gains to industry in the form increased productivity. These gains will be taken variously as retained earnings; shareholder dividends; increased wages; and lower consumer prices.

This in-turn gives new impetus to the question, who should pay for such infrastructure improvements? It needs to be recognized that the logistics-related innovations taken by industry in order to reap these gains involve reduced dependence on inventory and increased reliance on the transportation system. Since industry restructures its business logistics in order to achieve these productivity gains, the increased use of the transportation system, and any congestion that arises accordingly, is also structural. Thus failure to charge industry appropriate prices for its restructured use of the transportation system could promote significant economic distortions in the use of the transportation system and over-investment in new infrastructure. Over-investment will occur in cases where industry would otherwise be unwilling to pay higher prices associated with new transportation capacity, a signal that the benefits of such capacity are insufficient to warrant the costs of logistical restructuring. Over-investment in transportation infrastructure in this sense implies significant distortions to economic welfare since industry would be investing in costly changes in logistics rather than, say, more health benefits for employees and other non-logistics related spending.

On the other hand, the prospect of obtaining improved productivity as a result

of certain improvements to the road system may will be viewed by industry as well worth the "price of road pricing". The critical requirement is for a system of transportation prices that send the right signals to logistics managers, signals that prompt them to make economically sound choices in establishing their inventory, distribution and other logistics practices. Sound price signals to industries with potential for innovation in business logistics can reveal economically sound infrastructure investments whose value might otherwise be undervalued. On the other hand, failure to provide the proper signals can lead to economically inefficient industry investment in logistical change with consequences for urban congestion that would be impossible to redress even with the introduction of pricing at a later date due to the structural nature of the underlying change in production and distribution.

## APPENDIX A

### INCREASES IN CONSUMER SURPLUS FROM PRODUCTIVITY IMPROVEMENTS IN THE PRIVATE SECTOR CAUSED BY INFRASTRUCTURE IMPROVEMENT

This appendix develops a method to calculate the increases in consumer surplus resulting from a road network improvement. It assumes that the road improvement has impacts on private sector productivity. For example, transportation intensive firms are expected to alter their logistics and operations to take advantage of the network improvements. The typical reaction would be to reduce stocking points and increase the distance travelled by vehicles distributing goods. This model may be applied generically to any infrastructure investment creating productivity improvements among firms which make use of it.

The network improvement is expected to shift demand curve. The change in consumer surplus to be estimated arises from a lowering of transport costs and the simultaneous shifting of the demand curve. To make the estimation, the new and old demand curves are estimated using available data.

The model assumes linear demand curves, and uses elasticities as inputs. To assist in interpretation of the models, it is helpful to note the following general rules. Consider a demand curve

$$P = a + bQ$$

where  $P$  and  $Q$  are price and quantity and  $a$  and  $b$  are parameters. If represents own price elasticity of demand evaluated at  $(P_0, Q_0)$ , then

$$b = P_0/hQ_0 \quad (1)$$

$$a = P_0 - P_0/h \quad (2)$$

$$P = (P_0 - P_0/h) + (P_0/hQ_0) * Q \quad (3)$$

#### AVAILABLE INFORMATION

The following information is assumed to be available. Units are stated generically as "physical units of use" and "cost per physical unit of use". For convenience, these may be thought of as vehicle miles and cost per vehicle mile.

$VM_0$  = Current use of infrastructure in physical units

$C_0$  = Current user cost per physical unit

$N$  = Absolute value of elasticity of demand in physical units with respect to user cost

$DVM$  = % change in physical units required to provide same volume or level of service

$DC$  = % change in operating costs per physical unit given current volume or level of service.

Note that  $DC$  includes both direct savings per physical unit, and the effective savings from inventory reductions or other productivity improvements expressed on a per physical unit of use basis. That is,

$$DC = \% \text{Direct savings per physical unit} \\ + \text{Total other savings}/C_0 * VM_0(1 + DVM)$$

The inclusion of  $DVM$  in the second term above is to express the savings per physical unit, based on the use of transport after.

#### ASSUMPTION OF CONSTANT RETURNS TO SCALE IN TRANSPORTATION

The per unit cost of transport is assumed not to vary with volume of traffic. This is a conservative assumption with respect to estimating net benefits of investment, since costs will tend to fall as the volume of transportation business expands. Cost will tend to fall because of the economies of scale in serving greater volumes within a given delivery area.

The assumption of economies of scale is made to simplify information requirements. It is possible to improve the algorithm to account for scale effects of transportation.

#### THE INITIAL DEMAND CURVE

The initial demand curve is defined by a line passing through the initial volume of road use and the cost per unit of use ( $VM_0, C_0$ ). The slope of the line is defined by the given elasticity ( $N$ ). By (3), we may state the initial demand curve as

$$C = [C_0 + (C_0/N)] - [C_0/(N * VM_0)] * VM \quad (4)$$

#### THE NEW DEMAND CURVE

To find the new demand curve, define  $S$  as the underlying product being produced by transport using firms. For example, if vehicle miles is the unit of road use, then tons delivered might be the product. We may use our freedom of choice in defining units to define  $S$  so that, prior to the improvement in the road network, ( $S_0 = VM_0$ ). In other words on  $S$  is the average number of tonnes delivered per vehicle mile. By our assumption of constant returns to scale we may state that before the road improvement.

$$S = VM \quad (5)$$

Any change in  $VM$  implies a proportionate change in tonnes delivered. Because of the choice of units, we may also say that the cost of providing a unit of  $S$ ,  $CS$ , is equal to the operating cost for a vehicle mile. Therefore, prior to investment in the road network,

$$CS = C$$

From (5) and (6), the implied demand curve for the underlying service ( $S$ ) is the same as the demand curve for vehicle miles.

$$CS = [C_0 + (C_0/N)] - [C_0/N \cdot VM_0] \cdot S \quad (6)$$

The slope, intercept, and price elasticity of (6) are the same as (4) as well. Now, after the road improvement, firms are still providing the underlying service S, however, they have made a substitution between transportation and stocking points, so that it takes more vehicle miles to deliver the same amount of S. The new relationship is

$$S = VM/(1+DVM) \quad (7)$$

The cost of a unit of S has also changed. Since it takes more vehicle miles to deliver S,

$$CS = (1+DVM) \cdot C \quad (8)$$

Since the demand for the underlying service provided by transportation using firms has not changed, we may insert (7) and (8) into (6), to obtain the revised demand curve for infrastructure use.

$$(1+DVM) \cdot C = [C_0 + (C_0/N)] - [C_0/(N \cdot VM_0) \cdot (1+DVM)] \cdot VM \quad (9)$$

or

$$C = [(C_0 + (C_0/N))(1+DVM)] - [C_0/(N \cdot VM_0) \cdot (1+DVM)^2] \cdot VM \quad (10)$$

(10) is the demand curve for infrastructure use after the investment in the road. The new value for C is known from the initial data as

$$C_1 = C_0 \cdot (1-DC) \quad (11)$$

To find the after investment use of the infrastructure, substitute (11) into (10) and rearrange.

$$VM_1 = [(C_0 + (C_0/N))(1+DVM)] - C_0 \cdot (1-DC) / [C_0/(N \cdot VM_0) \cdot (1+DVM)^2] \quad (12)$$

### CALCULATING SURPLUS

Before investment, the area under the demand curve is given by the integral of (4), less the total cost of transport ( $C_0 \cdot VM_0$ ).

$$SPLUS_1 = [C_0 + (C_0/N)] \cdot VM_0 - .5[C_0/(N \cdot VM_0)] \cdot VM_0^2 - C_0 \cdot VM_0 \quad (13)$$

After investment, the area under the demand curve is given by

$$SPLUS_1 = [(C_0 + (C_0/N))/(1+DVM)] \cdot VM_1 - .5[C_0/(N \cdot VM_0) \cdot (1+DVM)^2] \cdot VM_1^2 - C_0 \cdot (1-DC) \cdot VM_1 \quad (14)$$

where the value of  $VM_1$  is given by (12). Net benefits of the increase infrastructure are the difference between the two consumer surplus.

$$NET \ BENEFITS = SPLUS_1 - SPLUS_0 \quad (15)$$

### A SIMPLIFIED VIEW

A simpler way to approach to estimation may be found if we use the demand curve for the underlying service S, instead. From (8):

$$CS = [C_0 + (C_0/N)] - [C_0/(N \cdot VM_0)] \cdot S \quad (6)$$

Since the demand for infrastructure is derived from the demand for the underlying service, the area under the demand curve will be the same, as will any changes in surplus. Since there is no shift in the demand for the underlying service, the increase in surplus from highway improvement will come from the reduction in the cost of providing S. The initial cost of S is

$$CS_0 = C_0 \quad (16)$$

The impact of the road improvements on CS is to reduce it by the reduction in the cost per vehicle mile, but increase it by the increased vehicle miles used. Therefore, the after investment cost of S is

$$CS_1 = C_0 \cdot (1-DC) \cdot (1+DVM) \quad (17)$$

The gain in surplus is given by the shaded area in A-1. Had restructuring being disregarded, the effective price reduction per unit of S would have been underestimated at  $SC''$ , resulting in the smaller area (a+b) of Figure A-1. To estimate the net benefits we may use the area of a square plus the area of a triangle.

$$NET \ BENEFITS = (CS_0 - CS_1) \cdot [S_0 + .5(S_1 - S_0)] \quad (18)$$

Simplifying:

$$NET \ BENEFITS = .5 \cdot C_0 \cdot [1 - (1-DC) \cdot (1+DVM)] \cdot (VM_0 - S_1) \quad (19)$$

where  $S_1$  is given by a rearrangement of (6)

$$S_1 = \{[C_0 + (C_0/N)] - C_0 \cdot (1-DC) \cdot (1+DVM)\} / [C_0/(N \cdot VM_0)] \quad (20)$$

Note that it is not necessary to define or know the unit what the underlying service S is in order to apply this method.

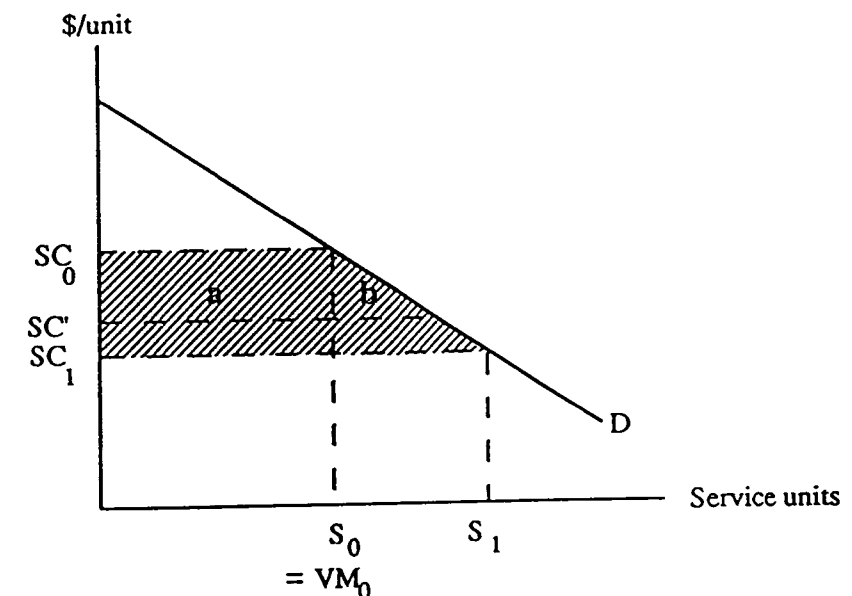


Figure A-1 - Simplified approach

## PEAGE URBAIN VERSUS CONGESTION : L'ECONOMISTE ET LES USAGERS

D. Bouf et Y. Crozet , Laboratoire d'économie des transports, LYON

Face aux questions posées par la congestion des voies de circulation urbaine, l'économiste est enclin à raisonner avec ses outils traditionnels. Dans la mesure où il s'agit d'un problème de rareté, une tarification pourrait être mise en œuvre, qui obligerait chacun à révéler ses préférences face au coût, principalement les coûts sociaux, que les choix individuels impliquent. Ainsi, en début ou en fin de journée, lorsque les encombrements culminent, il est évident que le coût pour la collectivité (usagers et riverains) est élevé que ce soit en matière de temps perdu ou du fait d'une pollution accrue.

Dans cette perspective, une tarification au coût marginal semble s'imposer. De même qu'en matière de production électrique on a réussi à écrêter les pointes de la demande en modulant les tarifs au cours de la journée, de même en matière de circulation, un meilleur étalement des flux ne conduirait-il pas au même résultat ? On se rapprocherait ainsi d'un optimum considéré comme la meilleure affectation possible des ressources. De ce point de vue le péage urbain apparaît à la fois comme une évidence et une nécessité et d'une certaine manière, on peut se demander comment il n'a pas été plus tôt utilisé.

C'est en confrontant cette dernière remarque avec les contraintes qui accompagnent la mise en place éventuelle d'un péage urbain que l'économiste se trouve interpellé. Tout d'abord car il n'existe pas une mais deux logiques possibles de tarification de l'usage de la voirie. C'est ce que nous allons rappeler dans une première partie où nous rencontrerons aussi la difficulté à définir et mesurer les coûts (et avantages) sociaux de la congestion. La persistance de cette dernière dans toutes les grandes agglomérations, y compris en dehors des heures de pointe traditionnelles, conduit à s'interroger sur le comportement des utilisateurs de l'automobile. Ne préfèrent-ils pas explicitement cette dernière à un péage urbain qui risque de réduire le surplus des usagers ? Nous essayerons dans une seconde partie de répondre à cette question. Car d'une certaine manière, le péage urbain ne viendrait que se substituer, voire s'ajouter à un péage qui existe déjà : la congestion. On aboutit ainsi à un conflit patent entre l'économiste et l'usager. Peut-il être tranché ?

### 1) LES DEUX LOGIQUES DE LA TARIFICATION

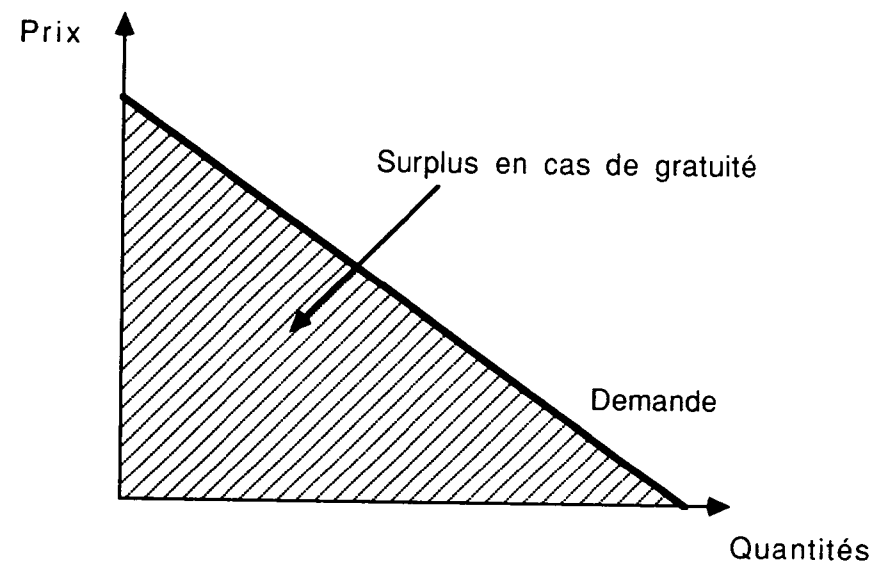
Les premiers fondements de l'analyse de la formation des prix et de la fixation des tarifs ont été posés dès le XIX<sup>ème</sup> siècle par Léon Walras (1834-1910) et Alfred Marshall (1842-1924) d'une part, Jules Dupuit (1804-1866) d'autre part.

Selon Maurice Allais <sup>1</sup>, ce dernier serait en fait le précurseur (volontairement ?) ignoré dans la mesure où c'est lui qui aurait le premier approché la notion de surplus du consommateur. Deux éléments pourtant le séparent des deux premiers auteurs cités. D'une part la gratuité et d'autre part la discrimination tarifaire. Nous allons donc rappeler les convergences et divergences de ces deux perspectives théoriques. Il en découle deux logiques pour un éventuel péage urbain.

### 11) Jules Dupuit : de la gratuité à la discrimination

La logique des usagers des services publics, dont la caractéristique majeure est l'indivisibilité d'usage, est celle du passager clandestin. Concrètement, cela signifie une faible disposition à payer et donc une préférence pour la gratuité. Faut-il pour autant que les administrations se défendent de tarifier par exemple l'usage des infrastructures telles que les ponts, les routes ou les...voies de circulation urbaine ? Une réponse argumentée à cette question a été donnée par Jules Dupuit. Elle s'appuie sur la notion de surplus du consommateur et s'efforce à partir de là de donner un contenu précis à la notion d'intérêt général.

Figure 1 — Surplus du consommateur et intérêt général

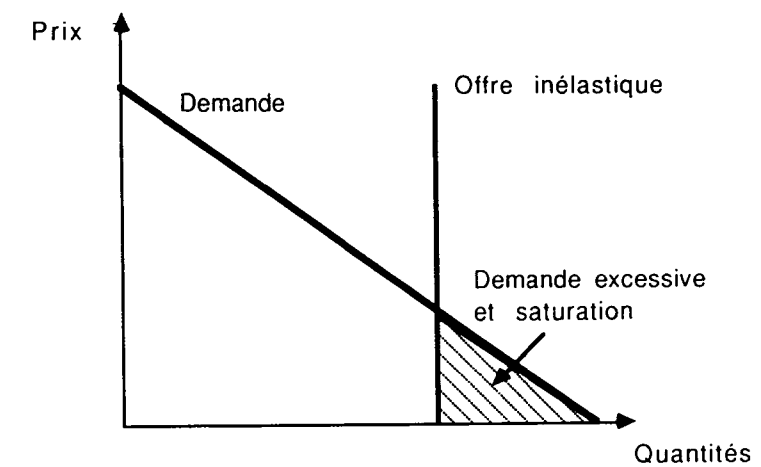


Comme on le voit ci-dessus, le raisonnement de Jules Dupuit se fonde sur les dispositions à payer des usagers potentiels, qui permettent de construire une courbe de demande. Si un service public est gratuit et que toute la demande est satisfaite, alors le surplus du consommateur est maximum, il correspond à la surface hachurée. C'est ainsi que Jules Dupuit définit l'intérêt général, il est pour lui équivalent au surplus des usagers et c'est pourquoi dans son esprit les services publics doivent être gratuits. En profitant à tous, ils maximisent en quelque sorte l'utilité des individus et donc de la collectivité. Cependant, Jules Dupuit considérait que la gratuité ne convenait que pour les infrastructures qui, une fois construites, servent effectivement le plus grand nombre.

<sup>1</sup> M. Allais, Théorie générale des surplus, PUG 1989, page 161

On pourrait résumer sa position en indiquant qu'une infrastructure, lorsqu'elle existe, supprime la contrainte de rareté, ce qui est une autre façon de présenter la notion d'indivisibilité. Chacun peut emprunter un pont ou une route, sans réduire la satisfaction des autres. Dans cette optique, les infrastructures apparaissent comme des ressources naturelles. Bien entendu, le raisonnement ne vaut que s'il n'y a pas saturation. Dans ce dernier cas, on est dans une situation de congestion ou d'encombrement et Jules Dupuit préconise alors la mise en place d'un péage, appelé aussi péage économique pur.

Figure 2 — Saturation et péage économique pur



Dans l'exemple ci-dessus, l'offre est incapable de satisfaire toute la demande. Sauf à déplacer l'offre vers la droite par la mise en place d'un nouvel équipement, on se trouve de nouveau en situation de rareté. Il faudra donc opérer une sélection parmi les demandeurs et en bonne logique économique, c'est le prix qui sera chargé de cette fonction. Pour éviter la saturation et les effets négatifs qu'elle engendre pour tous les usagers (dégradation de la qualité du service, perte de temps, fatigue,...), le péage économique pur va simplement chercher à éliminer la demande excédentaire. Il ne sera donc pas établi en fonction des coûts de fonctionnement ou des dépenses d'investissement mais de façon à positionner la demande au niveau de la capacité de l'offre. De plus, J. Dupuit envisage explicitement de moduler les tarifs en fonction du type d'utilisateur et donc des facultés contributives. A l'unicité du prix, il oppose une possible discrimination. Écrivant à une époque où la tenue vestimentaire révélait la position sociale, il indique par exemple que le tarif demandé à un ouvrier en casquette pourrait différer de celui réclamé à un bourgeois en habit !

Mais que le tarif soit homogène ou hétérogène, cela va réduire le surplus du consommateur et donc l'intérêt général. Plus précisément, comme on le voit ci-dessus, le surplus est partagé entre les usagers (triangle hachuré) et le bénéficiaire de la tarification qui, grâce aux fruits du péage, en attire à lui une partie (rectangle en pointillés). Avec ces sommes, il lui sera possible de développer l'offre par la construction de nouvelles infrastructures. Une fois que celles-ci seront en place et que le phénomène de saturation aura disparu, le péage devra faire de même, sinon, on sera comme ci-dessous dans une situation de perte sociale.



Figure 3 — Péage et partage du surplus

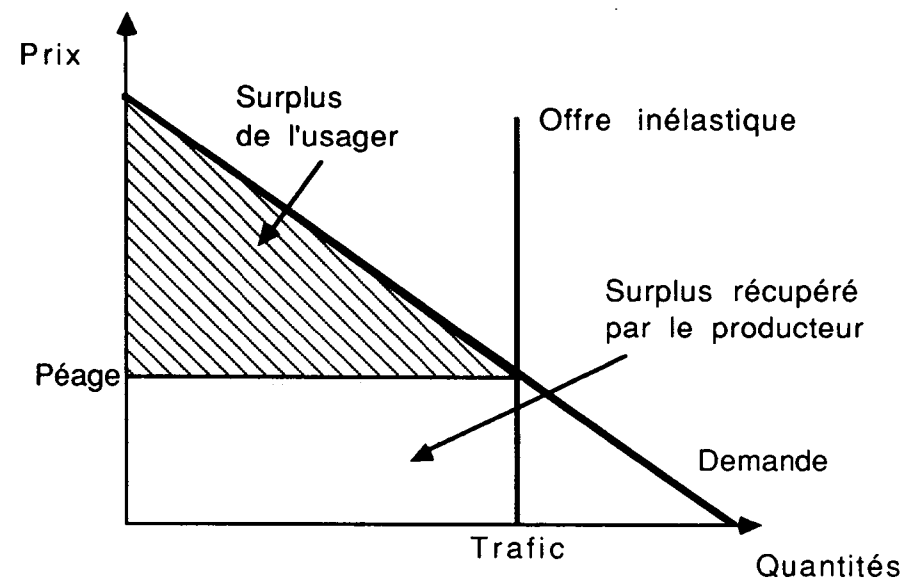
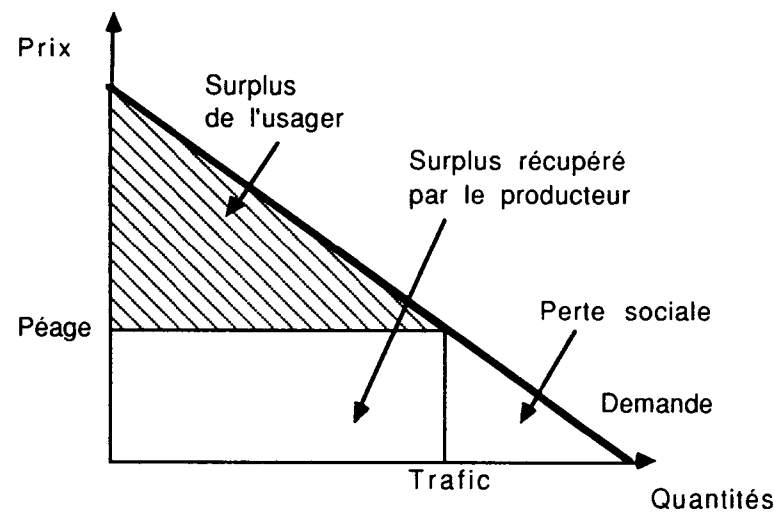


Figure 4 — Péage et perte sociale



La perte sociale se définit comme un déficit pour l'intérêt général, celui-ci commande donc que les services publics soient gratuits et financés par l'impôt quand on se trouve en dessous du seuil de saturation. Au total, le raisonnement de Jules Dupuit nous apprend :

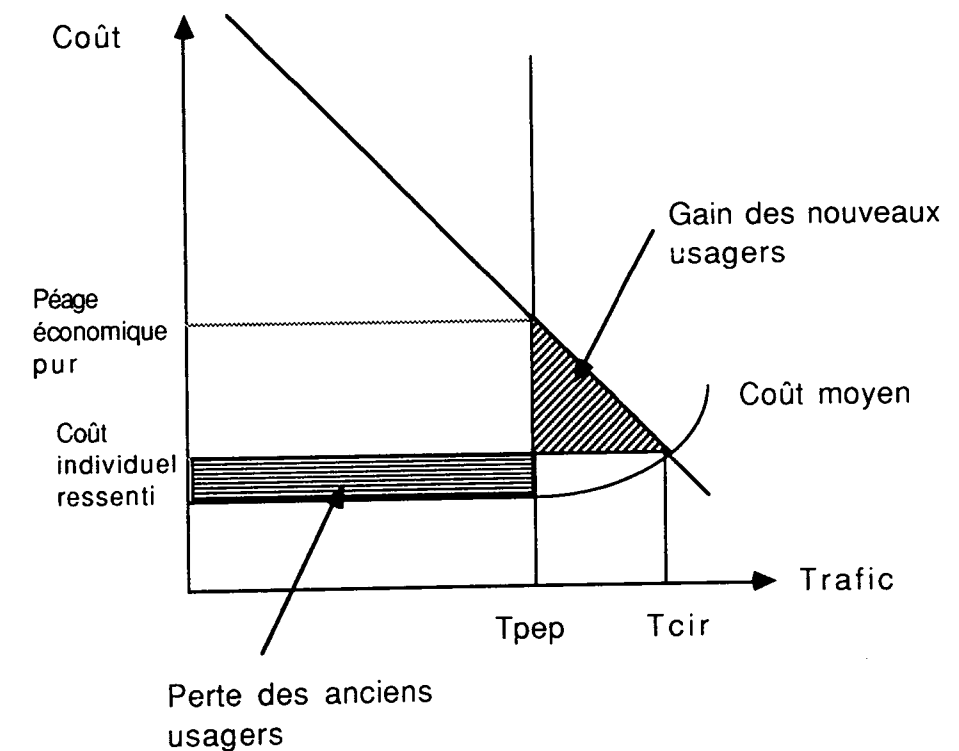
- que la première forme de péage est le péage économique pur,
- que ce dernier peut s'accompagner d'une relative discrimination tarifaire des usagers, modulant le prix en fonction des capacités contributives,
- qu'un péage réduit le surplus du consommateur et que la fonction des administrations publiques est de développer l'offre pour éviter ce cas de figure.

## 12) Surplus et perte : du coût moyen au coût marginal

Pendant de longues années, les croissances économique et urbaine ont semblé capables de reculer les limites de la rareté. Le développement des infrastructures ne grevait pas à l'excès les budgets publics et les phénomènes de congestion demeuraient à un niveau modeste. Avec l'engorgement croissant des centres villes, voire des réseaux périphériques, et la rareté croissante des espaces disponibles, la question de la tarification réapparaît. Mais elle le fait en empruntant plutôt la logique de la tarification au coût marginal, dérivée des travaux de L. Walras, A Marshall et plus récemment Maurice Allais.

Cette méthode comporte un point commun avec celle de Dupuit, la prise en compte du surplus du consommateur. Dans le cas de l'usage de l'automobile en milieu urbain, celui-ci ne peut-être considéré simplement comme la surface située sous la droite de demande en absence de péage économique pur. Il faut en effet tenir compte du coût direct du déplacement, supporté par l'utilisateur. Cela nous conduit à enrichir la figure 1 ci-dessus en lui ajoutant le coût individuel moyen du déplacement.

Figure 5 : Coût du déplacement et niveau du trafic



Ce type de schéma souligne une première évidence. La tarification dans la logique du péage économique pur ( $T_{pep}$ ) n'est pas au même niveau que la tarification implicite au coût individuel ressenti ( $T_{cir}$ ). Ce dernier correspond pour l'utilisateur au coût moyen direct d'une distance type, un kilomètre par exemple. Il comprend bien évidemment le coût financier (essence, usure des pneumatiques) mais aussi le temps passé. Il correspond donc à un coût privé généralisé. La droite de demande est en relation directe avec ce coût généralisé. Plus il est faible, plus le nombre de véhicules désirant emprunter le réseau de

voirie considéré est important. Dans une première approche, les quantités indiquées en abscisse sont mesurées par cet indicateur que l'on pourrait assimiler à une densité. Le rapprochement de l'offre et de la demande fait également ressortir le problème du passager clandestin, ou plus précisément de la divergence qui peut s'instaurer entre les intérêts des divers usagers. Ainsi, lorsque la demande se déplace du niveau de trafic optimal au niveau indiqué par l'intersection entre coût et demande, le coût moyen augmente pour tous les usagers. Pour ceux qui étaient déjà présents, cela suppose une perte équivalente au rectangle hachuré horizontalement. Mais les usagers additionnels dégagent un surplus (différence entre la droite de demande et le coût moyen) qui explique leur comportement (triangle hachuré).

La droite verticale qui permet de définir le péage économique pur rappelle la courbe d'offre inélastique des figures 2 et 3, mais elle n'a pas la même signification. Elle désigne ici ce que nous appellerons le « point de début de congestion », niveau de la demande, mesurée en nombre de véhicules entrant dans le réseau, au-delà duquel le coût unitaire du kilomètre commence à augmenter sensiblement du fait des encombrements. C'est par souci de simplification que nous présentons cette limite comme un point. Il s'agit en fait d'une zone dont la position peut varier en fonction du temps (pluie, neige ou beau temps), de l'existence éventuelle de travaux sur la chaussée, d'un accident etc. Mais cette façon de schématiser la réalité souligne que le niveau d'encombrement qui résulte du libre choix des usagers en fonction du coût privé généralisé, a de fortes chances de s'éloigner du point correspondant au meilleur niveau de service que la voirie peut offrir aux usagers. Les encombrements constituent donc un effet pervers au sens précis du terme : résultat inintentionnel d'une somme de décisions individuelles rationnelles.

Cet effet pervers est d'autant plus net qu'au coût privé généralisé<sup>2</sup>, il faut ajouter le coût social, non pris en compte par l'utilisateur. En prenant comme hypothèse de travail une proportionnalité entre les coûts sociaux et le coût privé, on obtient comme le montre la figure 6 une autre courbe de coût moyen intégrant les effets externes négatifs : pollution, temps perdu...

Bien évidemment, la courbe de coût social, selon l'importance de ce dernier, peut rencontrer la courbe de demande en n'importe quel point situé à gauche de la verticale du point d'abscisse  $T_{cir}$ . L'important est de remarquer les éléments suivants :

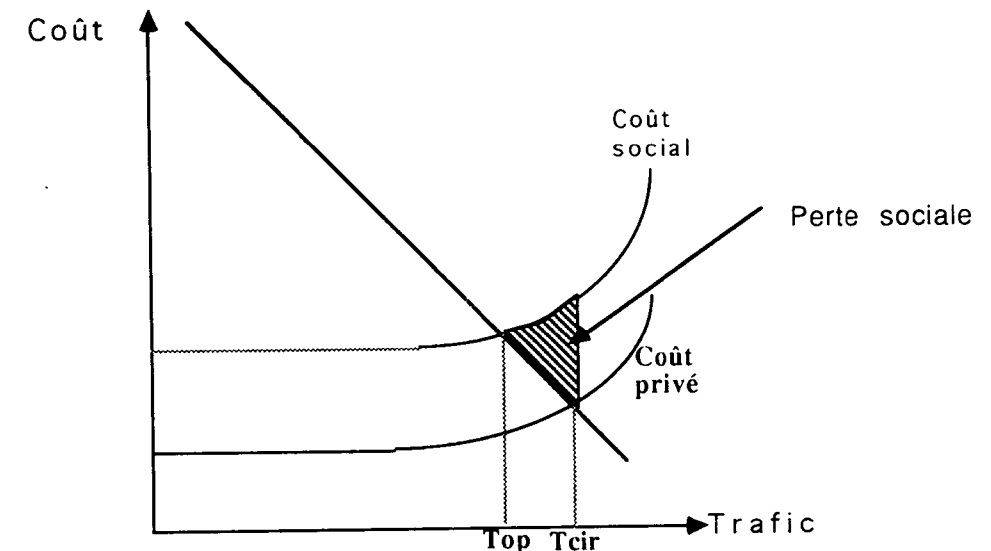
— encore une fois il n'y a pas de coïncidence, sauf fortuite, avec le niveau de demande correspondant au péage économique pur, celui qui assure la meilleure fluidité du trafic,

— La prise en compte des coûts sociaux réduit le niveau du surplus du consommateur, mais comme ils ne sont pas directement pris en compte par l'utilisateur, cela conduit à une situation sous-optimale. En effet, la demande se fixe au niveau  $T_{cir}$  où le coût total est supérieur au coût ressenti. Pour éviter une

<sup>2</sup> On peut d'ailleurs s'interroger sur le niveau réel du coût ressenti par l'utilisateur. Notons que ce dernier ne peut en tout état de cause que correspondre aux coûts variables (essence, usure ?). Les coûts fixes (achat de la voiture, assurance, vignette) sont supportés de toute façon, qu'il y ait ou non déplacement.

perte sociale, le trafic optimal se situe au point noté Top. Il en résulte dans notre exemple un coût additionnel équivalant à une perte sociale (surface hachurée au-dessus de la droite de demande), supérieure à l'accroissement du surplus du consommateur (surface en pointillés entre la droite de demande et la courbe de coût social). On considère que le coût social situé sous la droite de demande est internalisé puisqu'il s'inscrit dans le cadre du surplus du consommateur. Mais cette façon de raisonner ne résout pas la question des transferts entre groupes sociaux, ceux qui supportent le coût social ne sont pas seulement ceux qui circulent.

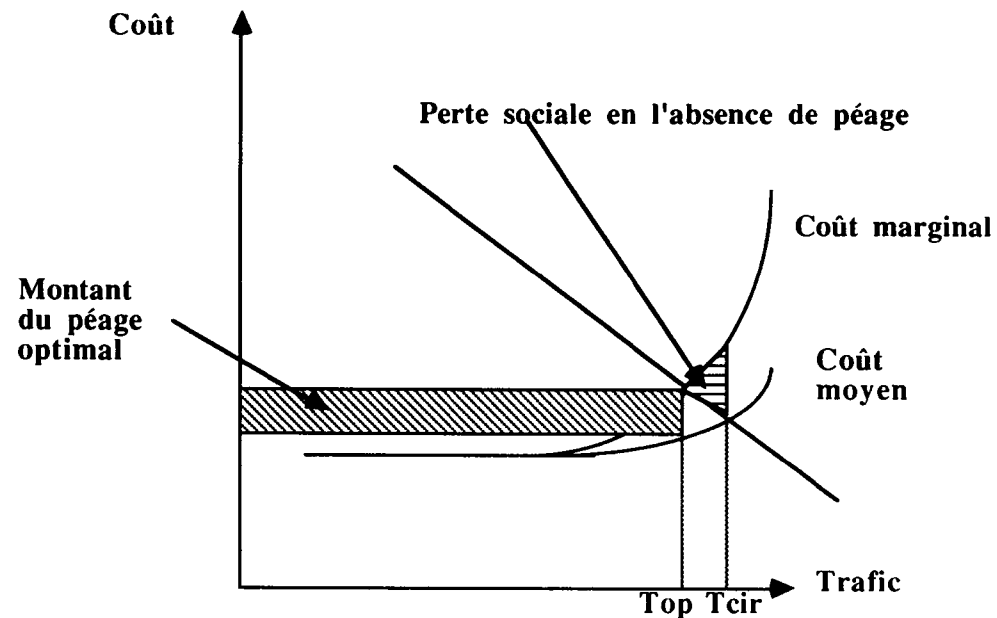
Figure 6 : Coût social moyen et niveau de trafic



— Pour que les coûts externes soient pris en compte par les usagers de la voirie, une tarification s'impose, égale par exemple dans la figure 6 à la différence entre le coût social moyen et le coût privé moyen. Mais si cette tarification n'est pas directement liée aux niveaux de trafic, les coûts sociaux seront internalisés mais ils ne disparaîtront pas. Une hausse des tarifs de la vignette permettra par exemple de construire des murs anti-bruit ou de mettre en place des mesures de dépollution. Mais elle n'incitera pas les usagers à utiliser moins leur voiture puisque cette taxe apparaîtra comme un coût fixe, indépendant de l'usage ou du non-usage. La tarification doit donc être celle de l'usage, notamment en période de pointe, ce qui nous amène à la notion de coût marginal.

Par rapport aux figures ci-dessus, il est relativement aisé de faire apparaître la courbe de coût marginal. Si l'on ne s'intéresse maintenant qu'au seul coût total (coût social plus coût privé), on constate qu'elle est naturellement confondue avec la courbe de coût moyen tant que celui-ci est constant. Lorsqu'il s'élève, cela signifie que le coût marginal s'élève encore plus vite comme le montre la figure 7 ci-dessous

Figure 7 : La tarification au coût marginal



On repère bien sur cette figure qu'un tarif prenant en compte non pas le coût moyen mais le coût marginal permet de réduire le trafic et donc le coût social. Mais cela conduit à réduire le surplus du consommateur car il y a moins d'usagers et en outre chacun des usagers restant paie un prix plus élevé. On comprend alors la position de ces derniers qui vont s'opposer à la tarification puisqu'ils seront perdants. Soit car ils devront se retirer de la circulation automobile pour emprunter d'autres modes, soit car ils devront payer plus cher pour une circulation qui peut ne pas être plus fluide si la demande est très peu élastique. Nous aboutissons donc à un conflit entre l'économiste et l'utilisateur, ce dernier craignant en outre que le péage urbain soit incapable de réduire vraiment la congestion. Pour sortir de cette impasse apparente, essayons de mieux comprendre comment cette dernière émerge et perdure.

## 2) LA CONGESTION ; UN MODE DE REGULATION ACCEPTABLE ?

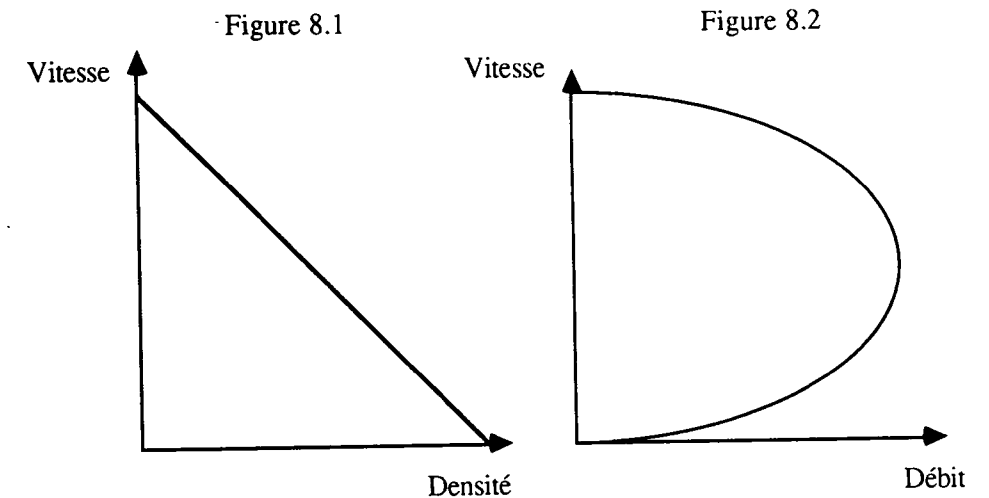
La congestion en milieu urbain pose des problèmes spécifiques, que la règle de tarification au coût marginal ne peut résoudre aisément. Du fait d'une éventuelle inélasticité de la demande d'une part et aussi à cause de la forme particulière des fonctions de coût du déplacement d'autre part. C'est cet aspect que nous allons préciser maintenant après quoi nous pourrions éclairer les choix récents de nombreuses agglomérations qui semblent préférer la logique de l'interdiction de la circulation dans certaines zones à l'éventualité d'un péage urbain.

### 21) La courbe débit-vitesse

Dans un premier temps, nous avons considéré avec Jules Dupuit que l'offre de voirie était inélastique et qu'à partir d'une certaine densité de véhicules

entrant dans un espace donné de voirie, la qualité de la circulation se dégradait. Nous pouvons maintenant reprendre ce constat en sollicitant les travaux de l'ingénierie de trafic. Celle-ci a depuis longtemps constaté une relation inverse entre la densité de véhicules et la vitesse sur un axe donné. C'est ce que présente la figure 8.1 ci-dessous. Plus le nombre de véhicules qui accèdent à un espace de voirie est important, plus la vitesse moyenne est faible. A la limite, elle peut être nulle. Par contre, si on veut une vitesse moyenne très rapide, il faut que le nombre de véhicules soit très réduit. Entre ces deux situations extrêmes, il existe une situation optimale, qui représente la débit maximal sur une voirie donnée

Figure 8 : vitesse, densité et courbe débit-vitesse



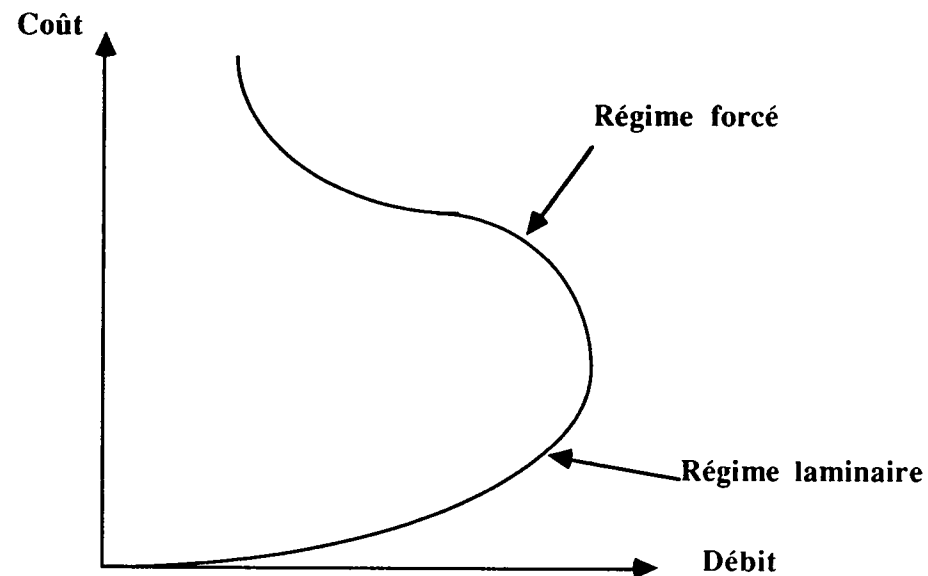
Dans la mesure où le débit (D) résulte du produit entre la vitesse (V) et la densité de véhicules (Q), soit  $D = V \times Q$ , on obtient une courbe débit-vitesse de forme particulière. Le débit maximal correspond à une certaine vitesse, que l'on peut qualifier d'optimale ( $V_o$ ). Une vitesse supérieure réduit le débit car pour l'atteindre, il faut réduire le nombre de véhicules dans le système, il existe alors un gain pour quelques usagers, au détriment d'autres. Cela nous conduit à modifier la position du point de congestion indiqué en première partie. Dans la mesure où l'objectif est de maximiser la satisfaction des usagers, et donc leur nombre, l'optimum ne se situe pas au point où la vitesse moyenne commence à diminuer fortement, mais au point où le débit diminue. Situation que l'on retrouve dans la partie basse de la figure 8.2 où vitesse et débit diminuent du fait d'une trop grande densité de voiture. C'est cette zone, qualifiée de régime forcée, qui correspond en fait à la congestion. Dans la partie haute de la courbe débit-vitesse, nous sommes au contraire dans un régime qualifié de laminaire.

La courbe débit vitesse offre une méthode pour élaborer une courbe de coût du déplacement plus pertinente que celle présentée dans la figure 6. Si nous considérons d'abord que la diminution de vitesse correspond à un accroissement du temps passé pour effectuer un trajet donné, par exemple un kilomètre. Si nous faisons ensuite l'hypothèse selon laquelle le temps (T) a une valeur moyenne (H) pour les usagers, nous aboutissons à une fonction de coût (C) que l'on écrira  $C = H \times T$ . Mais comme le temps évolue comme l'inverse de la vitesse, on peut aussi écrire

$$C = H \times K/V$$

On aboutit alors une courbe de coût particulière, dont la logique est la même que celle de la courbe débit-vitesse, mais où l'axe des ordonnées est inversé puisque le coût évolue comme l'inverse de la vitesse. En outre, comme le fait S.A. Morrison<sup>3</sup>, on peut supposer qu'en régime forcé, au-delà d'un certain seuil, la perte de temps est tellement importante que le coût progresse de façon exponentielle alors même que le débit est très faible. C'est ainsi que l'on aboutit à la courbe ci-dessous

Figure 9 : La relation coût du déplacement-débit



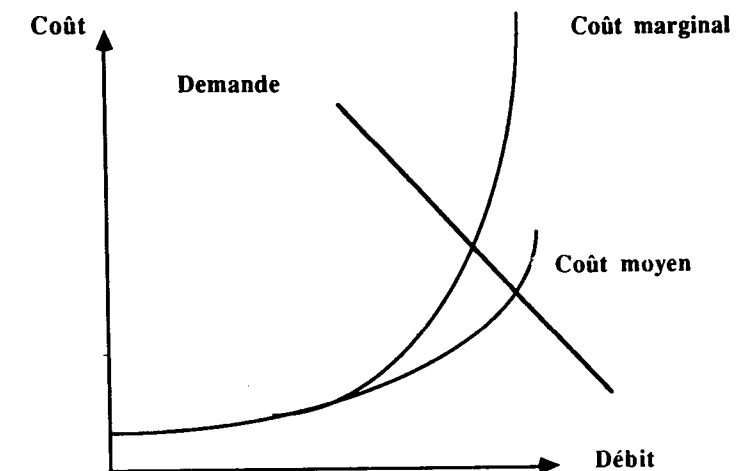
## 22) Élasticité de la demande, régime laminaire et régime forcé

A partir de la figure ci-dessous, on peut distinguer deux situations très différentes.

— La première correspond grosso modo au cas de figure présenté par la figure 7 quand on tient compte de la forme particulière de la courbe de coût du déplacement. Elle est résumée par la figure 10 ci-dessous. On y retrouve d'abord la courbe de coût moyen comme dans la figure 9, mais on y a ajouté la courbe de coût marginal pour la partie de la courbe de coût moyen comprise entre le débit nul et le débit maximal. Nous y avons placé ensuite une droite de demande. Il s'agit ici d'une demande particulière puisque c'est une demande de débit. Le débit demandé est le produit de la vitesse par la densité de voiture. Or, comme sur l'axe des ordonnées, la vitesse augmente au fur et à mesure que l'on se rapproche de l'origine, le débit demandé est une fonction décroissante du coût indiqué en abscisse : plus celui-ci est faible, plus le débit demandé est fort suite à un accroissement de la densité car les usagers n'intériorisent pas les contraintes dynamiques de la courbe débit-vitesse.

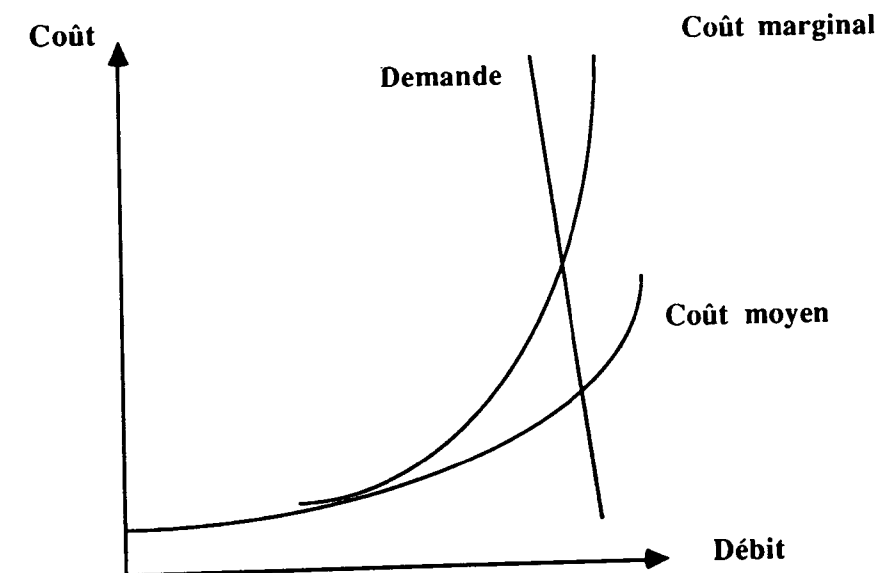
<sup>3</sup> S.A. Morrison, A survey of road pricing, Transportation, Vol 20 A n° 2n pp 87-97, 1986

Figure 10 : le péage urbain en régime laminaire



Dans l'exemple ci-dessus, la droite de demande croise la courbe de coût moyen dans la partie basse de celle-ci. On se trouve donc ramené au cas de la figure 7 avec une tarification marginale qui va permettre d'éviter un coût social non pris en compte par les usagers. On remarquera néanmoins que si la demande est peu élastique, le péage urbain peut atteindre des niveaux extrêmement élevés. Nous retrouvons ainsi le point de vue des usagers qui considèrent *a priori* ne pas pouvoir se passer de leur voiture pour se déplacer. Captifs de ce mode de transport, ils ont le sentiment que le péage constitue une tarification qui accroît la rente publique sans améliorer la situation, c'est-à-dire réduire la congestion. On revient d'une certaine façon à la logique du péage économique pur. D'autant que comme on le sait, la demande de trafic automobile s'accroît avec le développement économique. Comme l'offre d'espaces urbains pour la voirie est limitée, la rareté ne peut que s'exacerber et les phénomènes de rente avec elle.

Figure 11 : élasticité faible de la demande et péage de rente

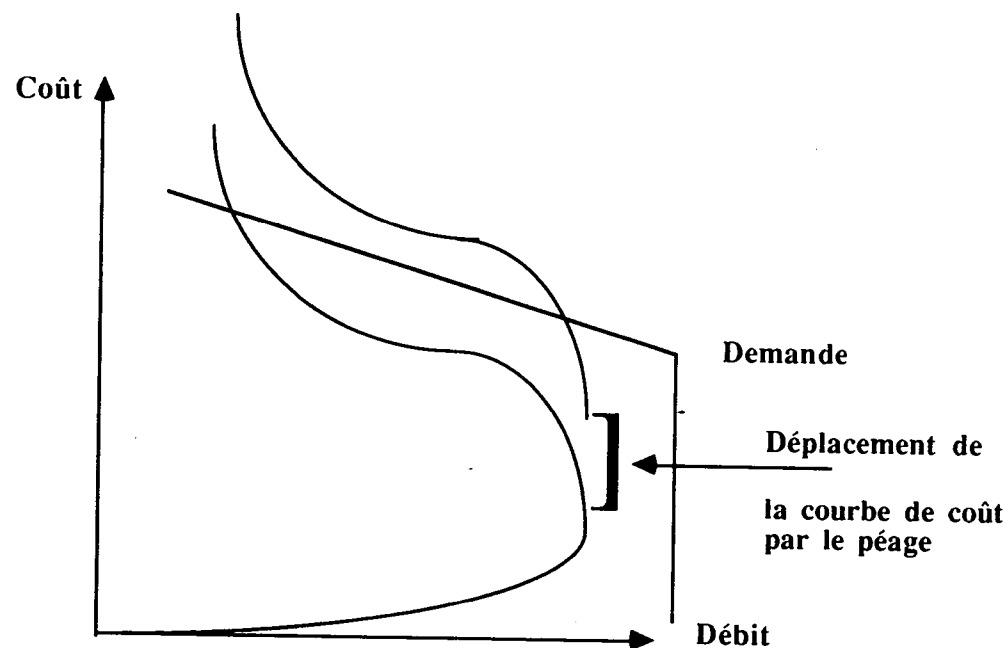


— Dans un second cas de figure, à la différence de l'exemple ci-dessus, le péage urbain peut être en première approximation un moyen d'améliorer la

situation collective ; quand on se trouve en régime forcé. Dans ce cas, la droite de demande croise la courbe de coût moyen au-delà du point où le débit est maximal. *A priori*, cette situation est impossible car les usagers pourraient alors obtenir un meilleur débit pour un coût moindre. Mais comme le veut la logique de construction de la courbe débit-vitesse, il faudrait alors que des usagers acceptent de se retirer du jeu. Cela réduirait d'autant la densité, d'où il résulterait un accroissement de la vitesse pour les usagers restant. Mais en l'absence de règle de sélection entre les usagers, aucun n'acceptera de se retirer de lui-même. C'est très précisément l'origine du phénomène heures de pointe, au nom de quoi un usager accepterait-il de se lever plus tôt le matin pour étaler la demande de trafic ?

La mise en place d'un tarif semble une réponse à ce problème. Il va en effet conduire à un déplacement de la courbe de coût moyen vers le haut. L'intersection avec la courbe de demande, si celle-ci relativement élastique, va alors se faire à un niveau de coût plus faible (donc vitesse plus grande) pour un débit plus important. La forme et la pente de la droite de demande sont ici décisives. Il faut en effet distinguer la forme classique, présentée de façon simplifiée dans les figures précédentes comme une droite, et une forme plus élaborée que l'on découvre dans la figure 12 ci-dessous. Nous avons ici supposer que la demande était tout d'abord inélastique au prix et supérieure au débit maximum autorisé. Ce déséquilibre entre l'offre et la demande engendre la congestion et le régime forcé de circulation. Il en résulte un accroissement du temps moyen de parcours qui, à partir d'un certain seuil, réduit le niveau de la demande. On peut donc considérer qu'à partir d'un certain palier, la demande redevient relativement élastique par rapport au prix.

Figure 12 : Le péage urbain en régime forcé



Comme on le voit ci-dessus, en augmentant le coût moyen, le péage urbain peut réduire la densité de véhicule et donc accroître le débit. Mais on peut se

demander si l'on n'est pas ici en présence d'un équilibre instable. L'amélioration de la fluidité des axes de transport va en effet se traduire par une baisse du coût du déplacement qui nous ramène, sinon à la case départ, du moins à une situation proche. Concrètement, on peut imaginer l'enchaînement suivant :

1°) pour décongestionner un axe encombré, une autorité met en place un péage,

2°) celui-ci se révèle suffisamment efficace et l'axe redevient fluide,

3°) informés de ce succès, des automobilistes considèrent que cette nouvelle donne comme une opportunité. Ils veulent bien sacrifier le montant du péage pour profiter d'une circulation enfin fluidifiée,

4°) la généralisation de ce raisonnement nous ramènent à une situation congestionnée qu'on ne peut plus alors combattre que par l'instauration d'un péage de rente.

Nous touchons là aux limites intrinsèques de la régulation par le péage urbain. Cherchant à remédier à un phénomène de rareté absolue corrélée positivement avec la croissance économique, il ne peut que conduire à terme à un péage économique pur, croissant au moins aussi vite que le revenu national. A l'exception des cas où le péage permet de financer de nouvelles infrastructures de transport, il est illusoire de penser qu'un péage puisse durablement résoudre les problèmes de congestion. Sauf à « tuer le malade », c'est-à-dire à placer le péage à un tel niveau que la circulation, mais aussi l'activité économique soient largement dissuadées.

## CONCLUSION

Voilà pourquoi il nous semble que la congestion reste pour les usagers préférables au péage urbain. Et l'économiste ne doit pas mépriser cette position de principe. On peut en effet la rattacher d'abord au comportement de passager clandestin de ceux qui refusent de supporter les coûts sociaux qu'ils engendrent. A ce titre, elle est contraire à l'optimum économique. Mais on doit aussi la relier aux effets positifs de la circulation, même en régime forcé, sur le revenu des acteurs et de la collectivité. En d'autres termes, poser la question du péage urbain, c'est s'interroger indirectement sur l'affectation des espaces rares. Dans la mesure où ceux-ci reçoivent de plus en plus des affectations fonctionnelles, on peut se demander s'il ne vaudrait pas mieux poser directement la question des modes d'accès aux différentes zones. C'est du moins l'option choisie par les villes, de plus en plus nombreuses, qui ont interdit à la circulation automobile l'hypercentre. Bien qu'apparemment plus brutale que le péage urbain, cette méthode est généralement mieux acceptée car elle discrimine non pas directement entre les individus, mais entre les espaces. Mais si elle est mieux acceptée, elle n'est pas exempte de difficultés, notamment en ce qui concerne l'organisation des transports collectifs, pour le financement desquels on peut aussi développer une forme de tarification des tous les déplacements. C'est là le principal avenir du péage urbain : non pas réguler les flux d'automobiles, mais affecter à certains usages un nouveau gisement fiscal !

## **LES "ROUTES DE PREMIERE CLASSE" : UN PEAGE URBAIN CHOISI PAR L'USAGER**

**Francis Papon,**  
**Institut National de Recherche sur les Transports et leur Sécurité-DEST -Paris**

Les réflexions développées ci-après sont en grande partie issues de ma thèse de doctorat [PAPON 91.a] : l'introduction d'un réseau de voies rapides à péage au centre des grandes agglomérations est un moyen d'y améliorer l'efficacité de la circulation, tout en étant positif sur le plan de l'équité, et facile à mettre en œuvre.

### **1. LES "ROUTES DE PREMIERE CLASSE", UN NOUVEAU CONCEPT FACE A LA CONGESTION URBAINE**

#### **1.1. Une congestion de plus en plus préoccupante**

La congestion de la circulation routière dans les grandes agglomérations n'est pas une chose nouvelle. Pourtant, le phénomène s'amplifie ces dernières années de manière inquiétante, tout particulièrement en Ile-de-France : cette région enregistre 85% des encombrements recensés sur les voies rapides françaises, et le volume de ces encombrements s'y est accru au rythme annuel moyen de 11% de 1980 à 1989 [DREIF 90].

Certes, il est facile de comprendre la raison de cette progression rapide des bouchons : l'offre en infrastructures rapides en service ne progressait que de 1,6 % par an pendant cette période, tandis que la demande de trafic y augmentait beaucoup plus, surtout après 1986, à un taux dépassant 8% par an [La Vie du Rail 91]; le surplus ne peut se traduire que par des files d'attentes plus longues, et un étalement des heures de pointe, au point que par exemple, le trafic sur le Boulevard Périphérique de Paris égale sa capacité près de 14 heures par jour. D'ailleurs, à cause de cette saturation de la zone centrale, et à cause aussi du desserrement de certaines activités en banlieue que cette saturation favorise, la croissance du trafic, et a fortiori des encombrements, est plus forte en banlieue que dans Paris.

Croissance démographique, croissance des revenus, développement du parc automobile, élargissement de la classe d'âge habituée à conduire, travail féminin, diversification des motifs de déplacement, besoins d'espace en progression : nombre de raisons expliquent l'explosion de la demande tandis que les restrictions accrues pesant sur les divers budgets publics, l'augmentation des coûts de construction, en partie due à un plus grand souci de l'environnement, et la dispersion des responsabilités, par suite, entre autres, de la décentralisation, engendrent la carence de l'offre.

Cela permet de comprendre, mais en aucun cas de justifier l'aggravation de la congestion. Cette dernière occasionne pour les usagers d'importantes pertes de temps, dont la valeur économique est de l'ordre de 20 milliards de francs par an en Ile-de-France. Parmi ces usagers, certains se déplacent pour des motifs professionnels, et ont donc une compétitivité économique amoindrie. Il est donc essentiel de chercher à remédier à ces problèmes.

### 1.2. Le "Road Pricing", remède miracle des économistes... qui a du mal à vaincre le scepticisme des décideurs

Depuis longtemps déjà, les économistes ont trouvé la solution aux encombrements. Pour eux, la congestion est une externalité négative que chaque usager de la route fait subir à l'ensemble des autres usagers. En effet, chaque véhicule qui s'introduit sur un tronçon encombré ralentit tous ceux qui sont derrière lui, sans supporter la perte de temps qu'il fait ainsi subir à la collectivité. Les conducteurs ne supportant pas l'ensemble de leurs coûts, leurs décisions de circuler ne sont pas efficaces, dans le sens où elles aboutissent à un excès de demande. Selon la théorie néo-classique, l'optimum économique s'obtient en tarifiant cette externalité, en instaurant un péage de congestion, afin que chaque usager supporte l'ensemble des coûts sociaux qu'il produit, et que ses décisions soient au mieux conformes à l'intérêt collectif.

Si dès 1844, Dupuit considérait les pertes de surplus produites par un péage, et dès 1920, Pigou fondait la notion de tarification de la circulation, l'élaboration proprement dite de la théorie s'est étalée de 1954 à 1974, en Grande-Bretagne et aux Etats-Unis. Les économistes ont ensuite tenté de faire appliquer les mesures préconisées, dans ces deux pays, et en Extrême-Orient. Ces tentatives n'ont pas eu de suite, à l'exception unique et notable de Singapour, où, depuis 1974, les automobilistes doivent acquérir un permis de circulation pour pénétrer dans le centre-ville aux heures de pointe.

Ailleurs, les responsables politiques, et l'opinion publique, n'ont pas cru à l'intérêt de la tarification de la congestion, lui reprochant trois griefs principaux: une atteinte à la liberté de se déplacer, une pénalisation des activités commerciales dans le centre-ville, et une discrimination vis-à-vis des plus démunis.

Devant ces échecs, les économistes ont ensuite nuancé et complexifié la théorie. Puis le débat politique a repris, et pas seulement dans les pays anglo-saxons. En Norvège, des cordons de péage ont été instaurés autour des grandes villes, pour financer de nouvelles infrastructures, mais pas pour contrôler la demande. Aux Pays-Bas, la polémique s'éternise, pour instaurer un péage limitant le trafic à l'approche des grandes villes de la Hollande.

Une des raisons des difficultés de mise en oeuvre d'une tarification de la circulation sur les infrastructures existantes est la perte subie par certaines catégories d'usagers. Dans ce domaine, l'inertie de la situation actuelle est considérable: si l'on songe à la réticence à augmenter des tarifs déjà en vigueur, l'on comprend la fermeté nécessaire pour tarifier un bien actuellement gratuit, qui dans nos sociétés, est presque considéré comme un droit universel de l'homme.

### 1.3. Tarifier un nouveau réseau, une idée qui peut réconcilier économistes et politiciens

Pour surmonter cet obstacle politique envers la tarification de la circulation urbaine, l'idée est de ne pas toucher aux voies existantes, et de créer à côté un nouveau réseau de voies rapides, avec un péage permettant de réguler la demande. Le péage étant alors le prix à payer pour un service nouveau, est donc plus facilement accepté. Ainsi, un double réseau routier desservirait l'agglomération.

Le réseau nouveau à péage, que nous appelons "*routes de première classe*" connaîtrait un niveau de service élevé caractérisé par des conditions de circulation fluides grâce à la limitation de la demande par le péage. Ces routes, en permettant aux usagers qui ont besoin de se déplacer rapidement et qui sont prêts à en payer le prix de le faire, en retirant ainsi un grand bénéfice, amélioreraient donc l'efficacité de la circulation.

Pendant ce temps, les voies existantes, libres de péage, permettraient aux usagers de continuer à circuler sans payer, mais en subissant toujours la congestion. Ce faisant, elles assureraient l'équité du système, en ne pénalisant personne par rapport à la situation actuelle.

Nous allons maintenant nous efforcer de mettre en évidence l'efficacité, l'équité, et les autres avantages des "*routes de première classe*".

## 2. LES "ROUTES DE PREMIERE CLASSE", UNE SOLUTION EFFICACE

L'efficacité, au sens économique du terme, consiste à utiliser au mieux les ressources disponibles, pour maximiser le bien-être de la collectivité. On la mesure en évaluant le surplus apporté par un projet. Nous l'étudierons sur un cas précis, puis avec un modèle de simulation agrégé, et enfin de manière théorique.

### 2.1. Le cas du projet LASER

L'efficacité des "*routes de première classe*" peut d'abord se montrer dans le cas d'un projet précis, en l'occurrence le projet LASER, en en dégageant les avantages socio-économiques.

Le projet LASER a été imaginé et proposé à la ville de Paris par GTM Entrepose en 1987, étudié par un groupe de travail en 1988 associant la ville de Paris, la préfecture de police, le promoteur, et des experts, dont l'INRETS, consultés à cette occasion [INRETS 89]. Le projet a été remanié en 1989, puis abandonné par le maire de Paris en 1990.

Le projet complet comportait une cinquantaine de kilomètres de tunnels forés au tunnelier dans la couche de calcaire du Lutécien à une trentaine de mètres sous la surface de Paris, et au dessous de tous les réseaux divers: égouts, métros,...) qui occupent le sous-sol parisien. Ces tunnels étaient organisés en cinq branches en direction des principales autoroutes desservant la banlieue parisienne, et reliées entre elles par un tunnel circulaire, appelé "*coronaire*", situé un peu à l'intérieur des grandes gares SNCF de Paris.



Ces tunnels disposaient de deux chaussées superposées (une pour chaque sens de circulation), avec un gabarit en hauteur les limitant aux seules voitures particulières, et divisées en trois voies de circulation relativement étroites. Une vingtaine de diffuseurs appelés "stations" reliaient ces tunnels à la voirie de surface, par l'intermédiaire de rameaux débouchant sur des trémies, et comportant à l'entrée des gares de péage souterraines. De nombreux dispositifs d'exploitation et de sécurité permettaient de contrôler l'écoulement de la circulation et de pallier à un incident éventuel.

L'accès au réseau était soumis à l'acquittement d'un péage forfaitaire, modulé suivant les heures, et limitant la demande pour qu'elle n'excédât pas la capacité de l'ouvrage, et dégagant des recettes suffisantes pour couvrir les frais d'exploitation et rembourser les emprunts contractés pour financer la construction, de sorte que le promoteur sollicitait une concession à ses risques et périls.

Une première phase du projet, d'une quinzaine de kilomètres et reliant la Défense à la Porte de Gentilly a fait l'objet d'études plus précises, et c'est d'elle dont il s'agira plus loin.

La demande de circulation dans le projet est apparue suffisante pour assurer la rentabilité financière de l'opération, surtout parce que cette demande était constituée pour l'essentiel d'automobilistes se déplaçant pour motifs professionnels, représentant les deux tiers des recettes annuelles. D'autre part, le projet assurait surtout des déplacements entre Paris et la banlieue.

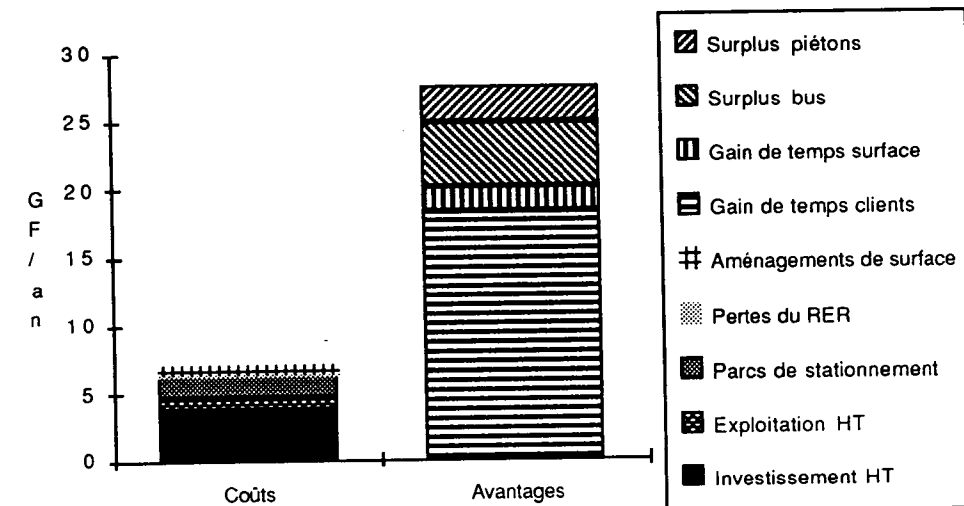
Si le projet apparaissait profitable au concessionnaire, ses plus gros bénéficiaires en étaient naturellement ses clients, jouissant d'un surplus d'un ordre de grandeur comparable aux recettes du projet, du fait du gain de temps que l'usage du projet leur procurait.

Mais les voies souterraines détournaient également de la circulation de la voirie de surface, en y améliorant les conditions de circulation, même si l'induction de circulation qui n'eût pas manqué de se produire sur cette voirie allégée et la dégradation consécutive des conditions de stationnement auraient en partie réduit cette amélioration. La circulation de surface aurait quand même bénéficié d'un surplus de l'ordre du quart des recettes du projet.

Enfin, ces allègements de la circulation de surface auraient pu être l'occasion d'une "reconquête" d'une partie de la voirie pour un usage plus utile que la circulation, et au profit d'usagers plus défavorisés, comme les piétons et les autobus.

Ainsi, le bilan socio-économique très avantageux du projet LASER, dû surtout au gain de temps apporté aux clients du projet, montre que la création des "routes de première classe" peut améliorer l'efficacité de la circulation au centre des grandes agglomérations.

Figure F1 : Bilan coûts-avantages du projet LASER, tracé BE, avec mesures d'accompagnement en surface, en GF 1988, actualisé en 1988.



## 2.2. Un optimum de second rang performant

Pour étudier l'intérêt socio-économique d'une plus grande variété de politiques d'investissement et de tarification routiers, nous avons mis au point le modèle P.R.E.S.S.É.. Ce modèle réalise une simulation sommaire de l'équilibre entre l'offre et la demande de circulation de la région parisienne, en faisant apparaître plusieurs types de voies incluant les transports collectifs et permettant des vitesses différentes, et en comportant plusieurs classes d'usagers caractérisées par des valeurs du temps échelonnées et répartissant leur budget-temps généralisé de transport entre les différentes infrastructures.

Le modèle P.R.E.S.S.É. permet notamment de tester la rentabilité financière et l'efficacité socio-économique de diverses politiques d'investissement en voies rapides nouvelles à péage, de tarification de ces voies rapides, et de politiques tarifaires d'accompagnement sur les autres voies. La rentabilité financière est appréciée avec le *surplus financier*, c'est-à-dire le bénéfice du concessionnaire des voies rapides nouvelles, tenant compte des coûts d'amortissement et d'exploitation de l'infrastructure. L'efficacité socio-économique est mesurée avec le *surplus global socio-économique*, ou bénéfice de l'ensemble de la collectivité, exploitants et usagers; ce dernier tient compte d'un coût d'opportunité des fonds publics et d'un coût d'opportunité des pertes, tous deux égaux à 2. Le bénéfice de la collectivité, sans utiliser de coûts d'opportunité, appelé *surplus global simple*, sera aussi mentionné, mais il ne conduit pas à des choix très différents de ceux dictés par le critère du surplus global socio-économique. Attention! les résultats relatifs aux rentabilités, surtout financières, sont très sensibles à certains paramètres du modèle P.R.E.S.S.É.. C'est pourquoi, ils ne sont donnés ci-après qu'à titre indicatif. Ils correspondent aux valeurs et conditions économiques de 1988.

Le modèle P.R.E.S.S.É. permet notamment de tester trois séries de politiques à Paris. La première consiste à mettre en place une tarification de la circulation

sur les voies existantes de Paris, sans aucun investissement. Un tarif d'environ 2 F/km est alors le plus efficace, c'est-à-dire qu'il maximise le surplus global socio-économique, qui vaut alors environ 3 milliards de francs<sup>1</sup> par an.

Tableau T1 : Modèle P.R.E.S.S.É., surplus global socio-économique apporté dans plusieurs politiques optimales, selon différents critères.

Test n°	Investissements voies nouvelles km de voies	Péage voies nouvelles F/voy-km	Péage voies existantes F/voy-km	Surplus financier GF/an	Surplus global simple GF/an	Surplus global socio-économique GF/an
<i>Sans investissement, et avec péage sur voies existantes : optimum socio-économique</i>						
V23-5	0	sans objet	2,00	0,0	7,6	3,0
<i>Avec investissement, et sans péage sur voies existantes et nouvelles : optimum socio-économique</i>						
V13-40	900	0,00	0,00	-11,8	4,4	0,4
<i>Avec investissement, avec péage sur voies nouvelles, et sans péage sur voies existantes :</i>						
<i>Optimum financier</i>						
V13-46	900	3,00	0,00	2,2	11,8	3,9
<i>Optimum socio-économique sous contrainte financière</i>						
V23-85	1800	2,50	0,00	0,0	19,8	6,7
<i>Optimum socio-économique</i>						
V23-97	2400	1,50	0,00	-7,1	29,2	9,1
<i>Avec investissement, avec péage sur voies nouvelles, et avec péage sur voies existantes :</i>						
<i>Optimum financier</i>						
V23-72	1200	3,00	2,50	2,5	18,3	6,7
<i>Optimum socio-économique sous contrainte financière</i>						
V23-88	1800	2,50	1,50	0,3	24,3	8,9
<i>Optimum socio-économique</i>						
V23-100	2400	1,50	1,50	-6,7	32,4	10,9

Nota : Les nombres en *italiques* indiquent les contraintes de l'optimum considéré, les nombres en gras correspondent aux variables qui sont maximisées sous ces contraintes.

La deuxième série de politiques vise à construire de nouvelles routes à péage concédées dans Paris, sans toucher à la gratuité de la circulation sur les voies existantes en surface. Le concessionnaire privé en retirerait alors le plus grand bénéfice si l'investissement était limité à 150 km d'autoroutes à 2 x 3 voies, avec un péage de 3 francs par kilomètre. La collectivité maximisant le surplus global socio-économique aurait intérêt à porter cet investissement à près de 400 kilomètres, avec un péage de 1,5 francs par kilomètre, impliquant une subvention publique. Un niveau intermédiaire de tarif et d'investissement, soit près de 300 kilomètres tarifés près de 2,5 francs par kilomètre, permettrait d'assurer la rentabilité financière du projet, en réduisant le surplus global socio-économique à 6,7 milliards de francs par an. Notons pour mémoire que l'absence de péage sur ces voies nouvelles ne mène qu'à un très faible surplus global socio-économique, mais entraîne un important déficit financier.

<sup>1</sup> Il s'agit de francs pondérés par les coûts d'opportunité, le coefficient 1 étant appliqué aux dépenses publiques.

Enfin, la troisième série de politique consiste à combiner une tarification des voies existantes, et un investissement en voies rapides à péage. Les critères financier, socio-économique sous contrainte financière, et socio-économique conduisent alors à peu près aux mêmes investissements, et aux mêmes tarifs de péage sur les voies nouvelles, qu'en l'absence de péage sur les voies existantes, avec un surplus global socio-économique amélioré de 2 ou 3 milliards de francs par an.

Le tableau T1 rassemble ces résultats. Il est à noter que la plus grande partie du surplus global socio-économique que l'on peut attendre est apportée par les investissements en voies rapides nouvelles à péage. La tarification des voies existantes ne constitue alors qu'un complément.

### 2.3. La différenciation est toujours plus efficace

L'intérêt de la différenciation tarifaire pour améliorer l'efficacité peut être aussi démontrée théoriquement.

Sur deux routes parallèles, un optimum collectif discriminant les usagers

Le cas d'école de deux routes reliant deux points, déjà étudié par [PIGOU 20] et [KNIGHT 24], a fait l'objet d'une démonstration dans [PAPON 88.DEA], reprise dans [PAPON 88.T]. Nous montrons que, sous certaines conditions (routes identiques, demande totale fixée), l'optimum collectif de premier rang commandait de tarifier différemment les deux routes, l'une étant ainsi rapide et chère et l'autre lente et bon marché. A l'optimum, la différence de péage vérifie :

$$\Delta p = t'_1 \overline{h}_1 x_1 - t'_2 \overline{h}_2 x_2, \text{ où}$$

l'indice 1 désigne la route la plus chère, et l'indice 2 la route la moins chère, et

$t'_i$  représente le retard causé par unité de trafic supplémentaire sur la route  $i$ ,

$\overline{h}_i$  représente la valeur moyenne du temps des usagers empruntant la route  $i$ ,

$x_i$  représente le trafic sur la route  $i$ .

Ce résultat peut être facilement généralisé au cas où les deux routes sont de caractéristiques différentes. La généralisation au cas où la demande est élastique peut être faite [STROTZ 64].

Le modèle de Chander & Leruth

[CHANDER & LERUTH 89] présentent le cas d'un monopole produisant  $m$  biens substituables  $i = 1, 2, \dots, m$ , vendues à des prix  $p_1, \dots, p_m$  pour des qualités  $k_1, \dots, k_m$ . Ces biens sont classés par prix et qualités décroissants. Ces qualités sont supposées dépendre des demandes correspondantes  $n_1, \dots, n_m$  selon une fonction de congestion deux fois différentiable, positive, bornée, et strictement décroissante  $k$  :

$$k_j = k(n_j) \text{ (R1).}$$

Pour nous ramener au problème qui nous préoccupe, nous pouvons considérer que ces  $m$  biens sont  $m$  routes identiques reliant deux points, la relation (R1) exprimant alors la congestion sur chacune de ces  $m$  routes.

Les consommateurs sont supposés distribués selon la valeur  $\theta$  qu'ils attachent à la qualité, avec une fonction densité  $f(\theta)$  positive ou nulle et différentiable sur un intervalle  $[\underline{\theta}; \bar{\theta}]$ . Ils maximisent leur surplus obtenu pour un bien au prix  $p$  et à la qualité  $k$  par:

$$S(\theta; k, p) = \theta \cdot k - p \quad (R2).$$

Les valeurs de basculement de la qualité entre deux biens consécutifs sont remarquables:

$$\theta_j = \frac{p_j - p_{j+1}}{k_j - k_{j+1}}, \quad j=1, \dots, m-1 \text{ et } \theta_m = \max\left\{\underline{\theta}, \frac{p_m}{k_m}\right\} \quad (R3).$$

Si tous les biens sont achetés, ces valeurs de basculement de la qualité vérifient:

$$\bar{\theta} \geq \theta_1 > \theta_2 > \dots > \theta_m \geq \underline{\theta} \quad (R4), \text{ et la demande du bien } j \text{ vaut:}$$

$$n_j = \frac{\theta_{j-1}}{\theta_j} \int_{\theta_j}^{\theta_{j-1}} f(\theta) d\theta \quad (R5).$$

Soit  $\Theta$  l'ensemble des vecteurs  $\theta = (\theta_1, \dots, \theta_m)$  vérifiant (R6):

$$(a) \quad \bar{\theta} \geq \theta_1;$$

$$(b) \quad \int_{\theta_1}^{\bar{\theta}} f(\theta) d\theta \leq \int_{\theta_1}^{\theta_1} f(\theta) d\theta \leq \dots \leq \int_{\theta_m}^{\theta_{m-1}} f(\theta) d\theta;$$

$$(c) \quad \theta_m \geq \underline{\theta}.$$

Les auteurs prouvent les quatre propositions suivantes:

"*Proposition 1.* Let  $p_1, p_2, \dots, p_m$  be some given prices of the  $m$  goods that induce a consumer equilibrium. Let  $k_1, k_2, \dots, k_m$  be the resultant qualities. If  $p_1 \geq p_2 \geq \dots \geq p_m$ , then  $k_1 \geq k_2 \geq \dots \geq k_m$ ."<sup>2</sup>

"*Proposition 2.* For any  $\theta$  in  $\Theta$ , there is one and only one price vector  $p$  sustaining it, i.e., such that given  $p$  the consumers maximize their surplus by making their choices according to  $\theta$ ."<sup>3</sup>

<sup>2</sup> "Proposition 1. Soient  $p_1, p_2, \dots, p_m$  des prix donnés des  $m$  biens produisant un équilibre. Soient  $k_1, k_2, \dots, k_m$  les qualités qui en résultent. Si  $p_1 \geq p_2 \geq \dots \geq p_m$ , alors  $k_1 \geq k_2 \geq \dots \geq k_m$ ."

<sup>3</sup> "Proposition 2. Pour tout  $\theta$  de  $\Theta$ , il y a un et un seul vecteur prix  $p$  qui le soutient, i.e., tel qu'étant donné  $p$  les consommateurs maximisent leur surplus en effectuant leurs choix selon  $\theta$ ."

Par suite on appelle  $P$  l'ensemble des vecteurs  $p$  correspondant ainsi aux vecteurs  $\theta$  de  $\Theta$ .

"*Proposition 3.* If  $p \in P$ , then there is one partition  $\theta \in \Theta$  which can be sustained by it."<sup>4</sup>

"*Proposition 4.* The set of all suitable partition vectors  $\Theta$  and the set of all sustaining price vectors  $P$  are homeomorphic and  $P$  is simply connected."<sup>5</sup>

#### Optimum du monopole privé

[CHANDER & LERUTH 89] montrent ensuite que le monopole privé maximisant son profit (analogue de l'optimum financier du modèle P.R.E.S.S.É.) a toujours intérêt à différencier ses prix. Pour le montrer, ils supposent que deux prix sont égaux, et montrent qu'en faisant varier à la marge la différence de prix, ce qui est possible à cause de la proposition 4, le profit s'accroît, d'où la proposition 5:

"*Proposition 5.* There exists a price policy which is profit-maximizing; and  $p_1 = p_2$  is never a profit maximizing price policy if there is a positive degree (however small) of heterogeneity among consumers, i.e.  $\underline{\theta} < \bar{\theta}$ ."<sup>6</sup>

#### Optimum du monopole public sans contrainte budgétaire

Nous cherchons maintenant à généraliser la proposition 5 dans le cas, analogue de l'optimum collectif simple du modèle P.R.E.S.S.É., d'un monopole public cherchant à maximiser le surplus collectif global, somme des termes de qualité du surplus des consommateurs des différents biens dans la relation R2, à l'exclusion des termes de prix qui ne sont qu'un transfert au sein de la collectivité entre les consommateurs et le monopole:

$$B = \dots + \int_{\theta_2}^{\theta_1} \theta \cdot f(\theta) d\theta \cdot k \left( \int_{\theta_2}^{\theta_1} f(\theta) d\theta \right) + \int_{\theta_1}^{\bar{\theta}} \theta \cdot f(\theta) d\theta \cdot k \left( \int_{\theta_1}^{\bar{\theta}} f(\theta) d\theta \right) \quad (R7).$$

Les conditions du premier ordre du programme de ce monopole, exprimées en termes de vecteurs  $\theta$  auxquels sont homéomorphes les vecteurs  $p$  selon la proposition 4, s'écrivent (R8):

<sup>4</sup> "Proposition 3. Si  $p \in P$ , alors il y a une partition  $\theta \in Q$  qui peut être soutenue par  $p$ ."

<sup>5</sup> "Proposition 4. L'ensemble de tous les vecteurs partitions convenables  $\Theta$  et l'ensemble de tous les vecteurs prix les soutenant  $P$  sont homéomorphes et  $P$  est simplement connexe."

<sup>6</sup> "Proposition 5. Il existe une politique de prix qui maximise le profit; et  $p_1 = p_2$  n'en est jamais une s'il y a un certain niveau d'hétérogénéité (aussi petit soit-il) parmi les consommateurs, i.e.  $\underline{\theta} < \bar{\theta}$ ."

$$\frac{\partial B}{\partial \theta_1} = \theta_1 \cdot f(\theta_1) \cdot k \left( \frac{\theta_1}{\theta_2} \int_{\theta_2}^{\theta_1} f(\theta) d\theta \right) + \frac{\theta_1}{\theta_2} \int_{\theta_2}^{\theta_1} \theta \cdot f(\theta) d\theta \cdot k' \left( \frac{\theta_1}{\theta_2} \int_{\theta_2}^{\theta_1} f(\theta) d\theta \right) f(\theta_1) - \theta_1 \cdot f(\theta_1) \cdot k \left( \frac{\theta}{\theta_1} \int_{\theta_1}^{\theta} f(\theta) d\theta \right) - \frac{\theta}{\theta_1} \int_{\theta_1}^{\theta} \theta \cdot f(\theta) d\theta \cdot k' \left( \frac{\theta}{\theta_1} \int_{\theta_1}^{\theta} f(\theta) d\theta \right) f(\theta_1) = 0,$$

$$\frac{\partial B}{\partial \theta_2} = \dots$$

Si nous supposons qu'à l'optimum  $p_1 = p_2$ , on a alors:

$$\int_{\theta_1}^{\theta} f(\theta) d\theta = \int_{\theta_1}^{\theta_1} f(\theta) d\theta = n_1 \quad (R9),$$

et la première des conditions (R8) donne:

$$\int_{\theta_1}^{\theta} \theta f(\theta) d\theta = \int_{\theta_1}^{\theta_1} \theta f(\theta) d\theta \quad (R10),$$

donc la valeur moyenne de la qualité du bien 1 égale la valeur moyenne de la qualité du bien 2, ce qui est contradictoire avec (R9) à moins que  $n_1 = 0$ .

Et comme il n'est pas optimal qu'un bien ne soit pas acheté, car on se priverait alors du terme de qualité positif du surplus des consommateurs de ce bien dans la relation (R2), ce raisonnement par l'absurde prouve que l'optimum de premier rang conduit à des tarifs différenciés.

Ainsi, si nous tirons les enseignements de ce résultat, l'intérêt de la collectivité qui exploite un ensemble de routes reliant deux points consiste à pratiquer autant de tarifs différents qu'il est possible de séparer de parties dans la capacité de cet ensemble de routes, sous réserve évidemment que les surcoûts de cette séparation ne viennent pas remettre en cause ce résultat. Peut-être trop hardiment, nous pouvons essayer de généraliser cela au cas d'un réseau de routes, qu'il semble plus efficace de séparer en plusieurs sous réseaux tarifés différemment, et offrant des qualités de service différentes, pour faire face à une demande variée de manière plus efficace.

### 3. LES ROUTES DE PREMIERE CLASSE, UNE SOLUTION EQUITABLE

L'équité est une notion difficile à définir théoriquement, car elle interfère toujours avec des questions idéologiques et éthiques : s'agit-il d'offrir un même service, médiocre et rationné, à bas prix à tout le monde, ou de permettre à chacun de jouir d'un bien avec le niveau de qualité qu'il est prêt à payer? A mon avis quatre arguments militent pour l'équité des "routes de première classe":

- à un instant donné, elles laissent la possibilité à ceux qui ne veulent pas payer le péage de circuler sur des voies gratuites;
- par rapport à une situation existante, leur mise en œuvre n'entraîne de perte économique pour personne;
- les bénéfices qu'elles procurent donnent aux décideurs la possibilité d'envisager des actions redistributives en faveur des plus défavorisés;
- sur le long terme, leurs avantages économiques peuvent bénéficier à l'emploi, et l'amélioration qu'elles apportent au système de transport permet de réduire la pression foncière sur le centre et d'éviter d'en exclure les plus démunis.

#### 3.1. La circulation bon marché pour les usagers peu aptes à payer

Le maintien de la gratuité sur la voirie existante est l'argument qui nous a conduit à mettre en avant le concept de "routes de première classe" plutôt que d'instaurer un droit de circulation dans nos villes. La théorie permet d'ailleurs de montrer que la création de deux niveaux de service distincts à des prix différents permet d'offrir un bien à plus bas prix.

En effet, en conclusion de leur article, [CHANDER & LERUTH 89] considèrent le programme d'un monopole public recevant une subvention limitée à un certain plafond, et cherchant à minimiser le prix le plus bas des biens offerts. C'est en quelque sorte un optimum collectif social, avec contrainte budgétaire.

Les auteurs déduisent facilement en corollaire de la proposition 5 que ce monopole public a intérêt à différencier ses tarifs. Autrement dit, avec un budget public limité, un prix et une qualité uniques obligent les plus pauvres à payer plus cher que si deux qualités sont offertes à des prix différents.

#### 3.2. Tout le monde y gagne

Alors que le premier argument était synchronique, le deuxième est diachronique : par rapport à une situation existante, l'introduction de "routes de première classe" améliore la situation de tous les agents économiques, autrement dit, est un processus parétien, alors que ce n'est pas le cas de la tarification des voies existantes. Le modèle P.R.E.S.S.E. nous permet de chiffrer la distribution de ces gains.

C'est ce que montre le tableau T2 : l'optimum sans investissement, et avec péage sur les voies existantes conduit à une perte pour les usagers d'une large classe moyenne des usagers (du deuxième au neuvième décile), comme le montre aussi la figure F2. A l'opposé, l'optimum avec investissement, mais sans aucun péage conduit à une perte importante pour les exploitants (alors supportée par le contribuable).

En revanche, l'optimum socio-économique sous contrainte financière avec création de routes de première classe profite à tout le monde (figure F3). Ce qui est très intéressant également, c'est que l'introduction *simultanée* d'un péage sur voies existantes conduit également à des avantages pour tous le monde (figure F4).

Tableau T2 : Modèle P.R.E.S.S.É., répartition des bénéfices des "routes de première classe" dans plusieurs politiques optimales, selon différents critères.

Test n°	Investis. en voies km de voies	Péage sur voies nouvelles F/voy-km	Péage sur voies existantes F/voy-km	Surplus total des exploitants GF/an	Surplus total des usagers GF/an	Surplus des usagers classes 1 et 2 GF/an	Surplus des usagers classes 3 à 8 GF/an	Surplus des usagers classes 9 et 10 GF/an
<i>Sans investissement, et avec péage sur voies existantes : optimum socio-économique</i>								
V23-5	0	sans objet	2,00	8,3	- 0,7	0,0	- 1,9	1,2
<i>Avec investissement, et sans péage sur voies existantes et nouvelles : optimum socio-économique</i>								
V13-40	900	0,00	0,00	- 7,7	12,1	0,3	5,8	5,9
<i>Avec investissement, avec péage sur voies nouvelles, et sans péage sur voies existantes :</i>								
<i>Optimum financier</i>								
V13-46	900	3,00	0,00	4,0	7,8	0,2	1,6	6,1
<i>Optimum socio-économique sous contrainte financière</i>								
V23-85	1800	2,50	0,00	3,5	16,3	0,3	3,7	12,2
<i>Optimum socio-économique</i>								
V23-97	2400	1,50	0,00	- 1,2	30,4	0,3	9,4	20,6
<i>Avec investissement, avec péage sur voies nouvelles, et avec péage sur voies existantes :</i>								
<i>Optimum financier</i>								
V23-72	1200	3,00	2,50	11,7	6,6	0,2	- 0,9	7,3
<i>Optimum socio-économique sous contrainte financière</i>								
V23-88	1800	2,50	1,50	9,4	14,9	0,2	1,8	12,9
<i>Optimum socio-économique</i>								
V23-100	2400	1,50	1,50	4,1	28,4	0,2	7,4	20,8

Nota : Les nombres en *italiques* indiquent les contraintes de l'optimum considéré, les nombres en gras correspondent aux pertes les plus remarquables.

Figure F2 : Modèle PRESSE : surplus des usagers, avec seulement investissement ou seulement péage sur voies existantes

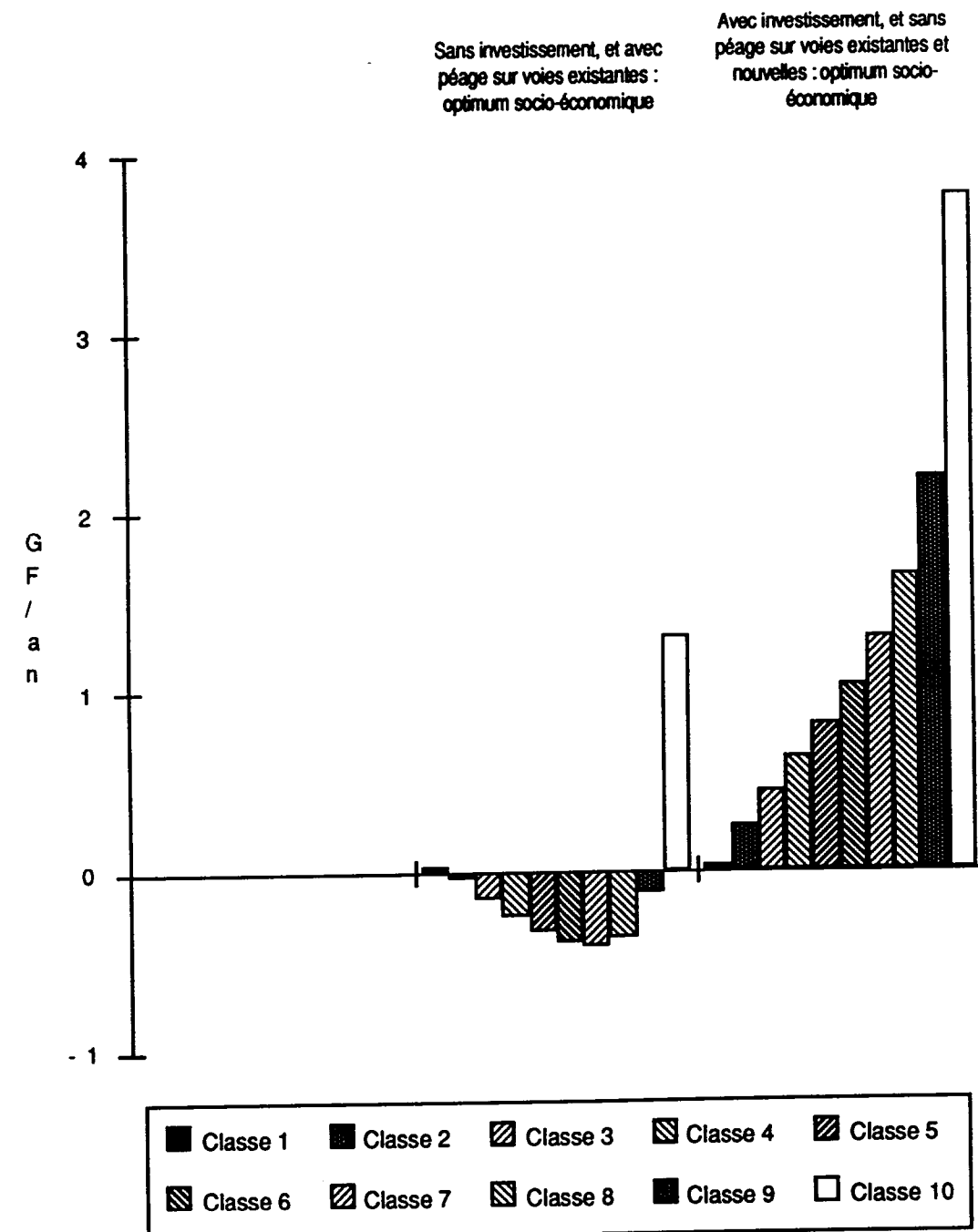


Figure F3 : Modèle PRESSE : surplus des usagers, avec investissement, avec péage sur voies nouvelles, et sans péage sur voies existantes

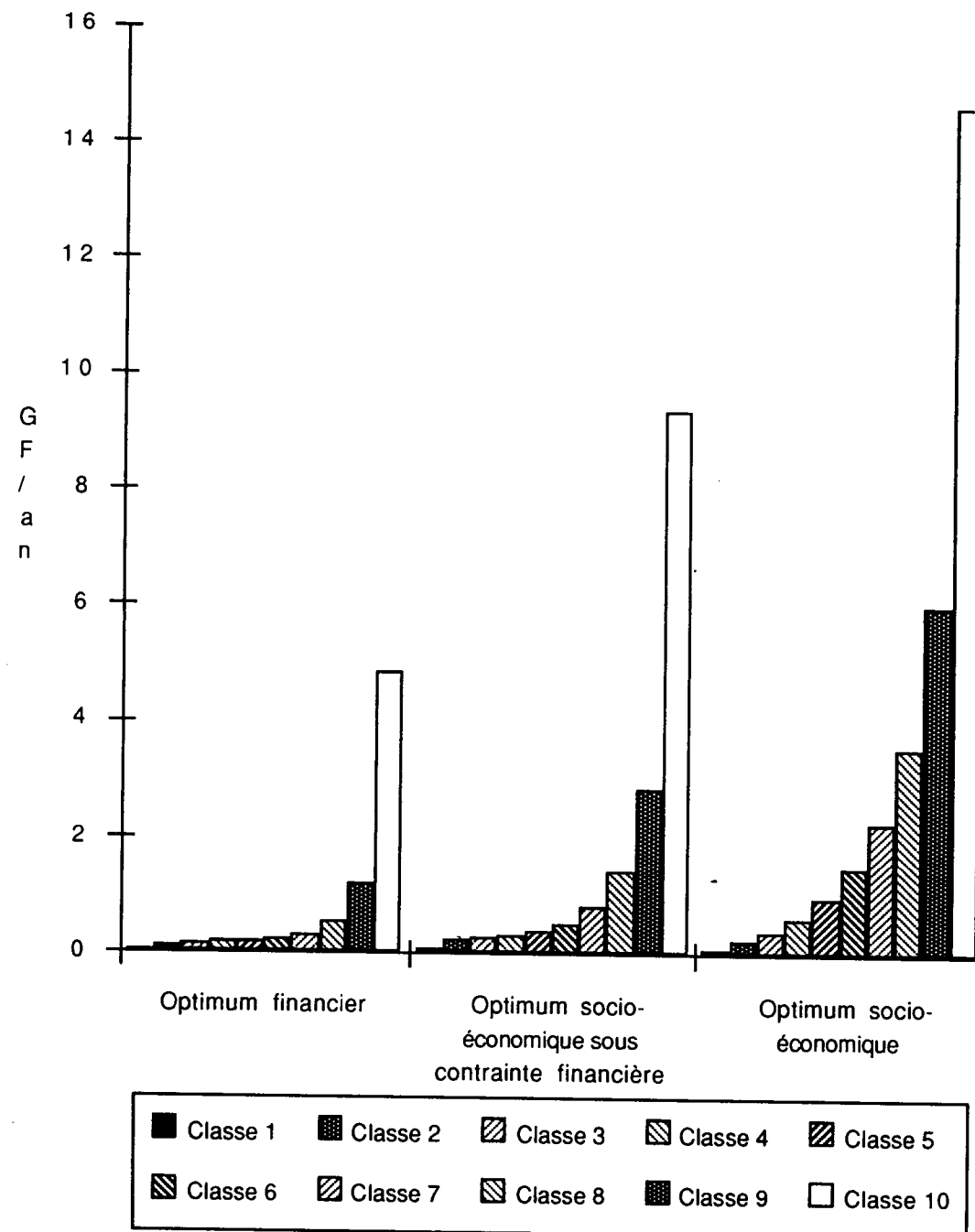
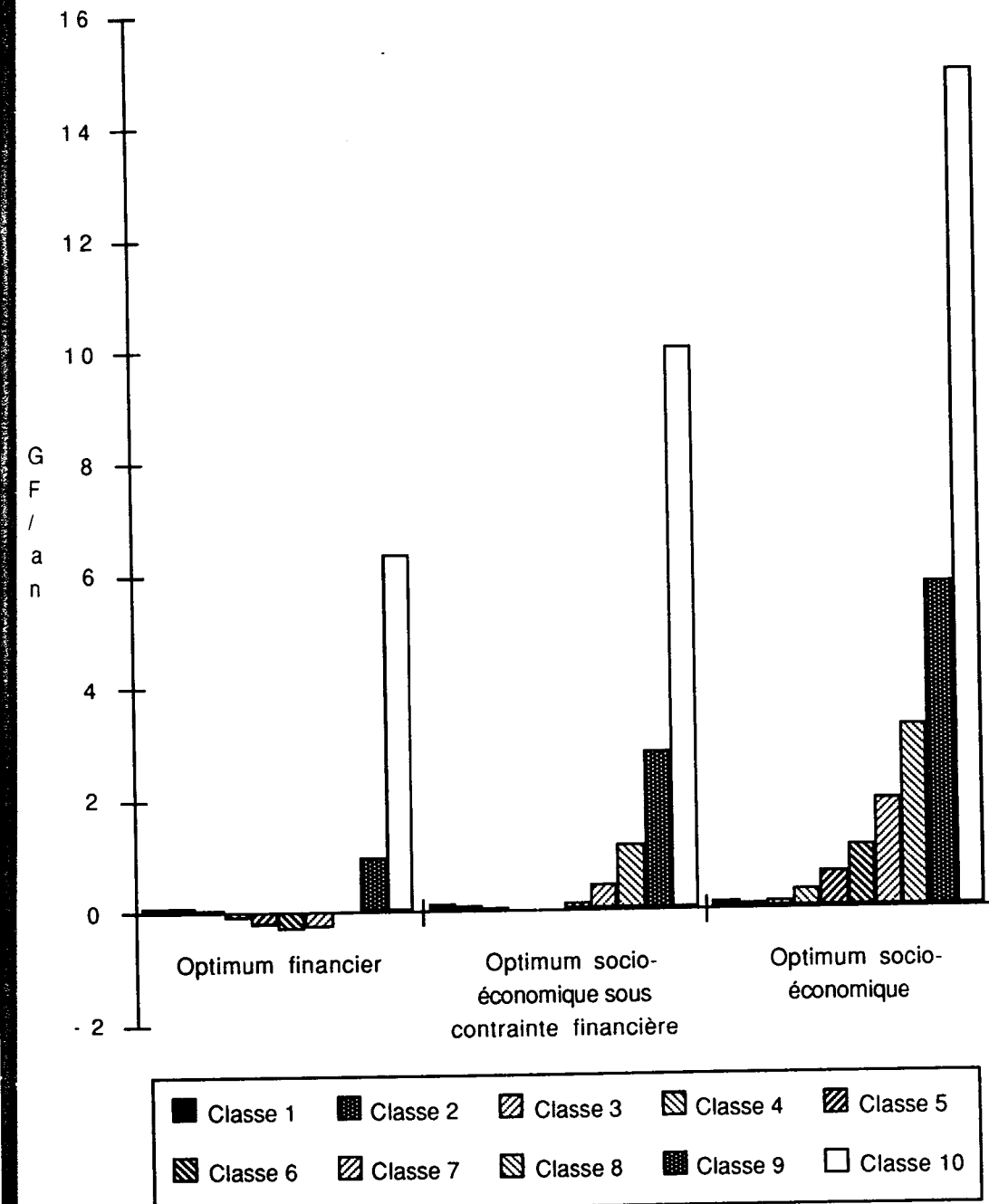


Figure F4 : Modèle PRESSE : surplus des usagers, avec investissement, avec péage sur voies nouvelles, et avec péage sur voies existantes



### 3.3. Des opportunités d'actions redistributives

Si les bénéfices des "routes de première classe" sont répartis entre les usagers et les exploitants comme nous venons de le voir, en profitant le plus à la classe d'usagers à plus forte valeur du temps, des mesures complémentaires peuvent modifier cette répartition. Celles-ci sont de deux natures.

La première variété concerne les bénéfices budgétaires. Les "routes de première classe" apportent des recettes fiscales supplémentaires : TVA sur la construction, puis sur les péages de ces ouvrages, taxes sur l'usage de la voiture particulière, notamment sur les carburants, impôts sur le bénéfice réalisé par le concessionnaire, impôts sur les bénéfices et les revenus supplémentaires de leurs clients. Les "routes de première classe" permettent aussi de réduire les besoins d'investissement publics de voirie. Ces bénéfices budgétaires peuvent être utilisés, soit dans le domaine des transports pour améliorer les transports collectifs ou desservir des quartiers enclavés, soit à l'extérieur de ce domaine pour mener des actions sociales ou pour alléger la fiscalité.

La seconde variété de mesures consiste à profiter des allègements de circulation sur les voies anciennes entraînés par l'ouverture de "routes de première classe" pour réutiliser cet espace de voirie au profit d'autres usages, comme cela a été recommandé à l'occasion de l'examen du projet LASER. Il peut s'agir d'aménagements en faveur des transports en commun de surface, en faveur des piétons, des deux-roues, et d'une restriction de la circulation et des nuisances qu'elle apporte au riverains. Cela est possible sans réduire les possibilités de mouvements de ceux qui ne veulent pas payer le péage, car cet espace "reconquis" est prélevé sur le vide créé par la mise en service des "routes de première classe".

Naturellement, la mise en œuvre de ces mesures est du ressort des responsables politiques, et la répartition des bénéfices que l'on peut en attendre parmi les différents agents économiques dépend du plan effectivement appliqué.

### 3.4. Des effets de long terme bénéfiques

Les avantages économique à long terme des "routes de première classe" pourront améliorer le sort de l'ensemble de la population de la région. En effet, il est d'autant plus facile de mieux répartir les richesses qu'il y a plus de richesses à répartir. A cet égard, les "routes de première classe", en facilitant les déplacements à haute valeur ajoutée, contribuent à renforcer la compétitivité des entreprises implantées dans l'agglomération. Dans un contexte de mondialisation accrue de l'économie, cela est un atout indispensable pour maintenir la croissance dans le pays.

Egalement à long terme, les "routes de première classe" peuvent corriger les effets pervers de la congestion sur la structure urbaine : les difficultés de déplacement accentue l'attractivité des localisations centrales, conduisant à une explosion des prix immobiliers. Cela entraîne l'éviction du centre des plus défavorisés, mais aussi des classes moyennes, les rejetant toujours plus loin des lieux d'emploi. L'amélioration des déplacements permet de corriger ces effets pervers.

Ainsi, il n'est pas du tout certain que les "routes de première classe" renforcent les inégalités comme on pourrait le craindre à première vue. Elles peuvent au contraire bénéficier à tout le monde. Mais cela sera d'autant plus vrai qu'une volonté politique agira dans ce sens pour accompagner leur mise en œuvre.

## 4. LES "ROUTES DE PREMIERE CLASSE", UNE SOLUTION FACILE A METTRE EN ŒUVRE

C'est l'acceptabilité des "routes de première classe" qui nous a conduit à les préconiser. Elle est renforcée par des avantages pratiques et environnementaux.

### 4.1. De bonnes rentabilités financières

Les études du projet LASER ont montré que les recettes du péage étaient suffisantes pour financer l'ouvrage. Cela est un grand avantage des "routes de première classe". L'intensité de la demande de circulation dans le centre des grandes agglomérations est telle qu'un nombre suffisant d'usagers est prêt à payer assez cher pour circuler dans de bonnes conditions. En effet, une grande partie de ces usagers se déplacent dans le cadre de leur travail. Cette demande est ainsi capable de financer des infrastructures routières souterraines et coûteuses. Le meilleur signe de cette rentabilité financière est l'insistance avec laquelle de grands groupes de travaux publics sollicitent ce type de concession, à leurs risques et périls, comme GTM Entrepose pour le projet LASER, ou Bouygues pour le projet HYSOPE. Les résultats du modèle P.R.E.S.S.É. ont également montré l'importance du réseau de "routes de premières classe" qu'il est possible de financer par le péage dans Paris, malgré de fortes sensibilités de ces résultats à certains paramètres du modèle.

La possibilité de financer de telles infrastructures par le péage a le grand mérite de ne pas exiger de fonds publics. Cela représente un grand changement par rapport aux pratiques passées en France, où la totalité des investissements routiers en milieu urbain étaient réalisés sur les budgets publics. La conséquence importante est qu'il est possible d'achever ces "routes de première classe" indépendamment de la politique budgétaire, et donc dans des délais plus sûrs. Le seul souci qui peut préoccuper le ministère des Finances est le risque macro-économique pesant sur les taux d'intérêt si le volume des emprunts est trop grand; mais le jeu du marché des capitaux n'est-il pas en mesure d'aboutir à un choix plus efficace des investissements que les arbitrages budgétaires?

Si les "routes de première classe" s'avèrent financièrement rentables dans le centre de l'agglomération, il n'en est pas forcément de même dans les banlieues : la demande de circulation y est plus éparpillée, et donc un tronçon de voie rapide ne peut y capter que moins de recettes tandis que les contraintes urbanistiques et environnementales sont presque équivalentes à celles de la zone centrale et impose souvent le souterrain de coût élevé, sauf sur de rares sites. Par ailleurs, un grand nombre de trajets longs entre banlieues a intérêt à passer par le centre, car c'est l'itinéraire le plus court. Ainsi, il apparaît que les "routes de première classe" peuvent être massivement mises en œuvre dans le centre, mais qu'à la



périphérie, les corridors pour les implanter doivent être choisis de manière beaucoup plus sélective.

#### 4.2. Des souterrains au coeur des villes pour limiter l'impact visuel et sonore

Si la notion de "route de première classe" est uniquement fondée sur la sélection par le péage, elle rime souvent avec "souterrain", car comme nous l'avons déjà signalé, c'est la seule solution technique qui permet de faire face aux contraintes urbanistiques et environnementales. Face à cette contrainte, une des grandes innovations du projet LASER a été de limiter le gabarit aux seules voitures particulières (qui représentent 85% du trafic en surface), de manière à superposer deux chaussées dans un tunnel d'une dizaine de mètres de diamètre. Cela divise par deux les coûts de génie civil, à capacité égale, conduit aux rentabilités financières que nous avons soulignées, et rend donc possible le concept même de "route de première classe".

Le passage en souterrain de la circulation dans les centres-villes serait un grand progrès en faveur de l'environnement. En effet, la circulation souterraine est invisible et inaudible. La seule partie visible est formée des trémies d'accès au réseau, dont la dimension est analogue à celles des entrées de parcs de stationnement souterrain, à cause justement de la limitation du gabarit aux seules voitures particulières.

L'effet sur le cadre de vie en surface sera d'autant plus favorable que la circulation transférée dans le souterrain ne sera pas remplacée par une nouvelle circulation induite en surface. Mais cela exige une politique d'aménagement de l'espace libérée pour restreindre la circulation. Si cela était réalisé, les "routes de première classe" seraient un moyen remarquable de transférer une grande partie de la circulation dans les centres-villes en souterrain, en en faisant payer le prix aux usagers, mais sans que personne ne se trouve plus mal loti qu'auparavant. Bien sûr, il restera toujours de la circulation en surface : celle, limitée, des trajets terminaux effectués par les voitures sortant du souterrain, celle, indispensable, des véhicules hors gabarit (véhicules utilitaires et poids-lourds) effectuant des livraisons dans le centre, et celle des voitures ne souhaitant pas payer le péage, essentielle pour assurer l'acceptabilité du système. Mais globalement, la construction d'infrastructures souterraines routières aurait sur les différents quartiers de Paris un effet comparable à l'aménagement de rocades dans des villes de province moyennes, à la différence près que le trafic serait dévié par en dessous.

#### 4.3. Une circulation fluide moins polluante et moins dangereuse

Un véhicule parcourant un kilomètre dans des conditions de circulation fluide à 60 km/h produit deux ou trois fois moins de rejets polluants que ce même véhicule parcourant un kilomètre dans une situation congestionnée, en étant obligé de s'arrêter fréquemment, et à une vitesse moyenne de 15 km/h. Cela est un autre avantage environnemental des "routes de première classe" sur laquelle la fluidité est garantie par le péage : à circulation égale, elles polluent trois fois moins, ou encore, à pollution égale elles écoulent trois fois plus de trafic. Mais cet avantage ne peut avoir lieu que si la circulation sur la voirie gratuite est réduite, ce qui là aussi, exige des mesures restrictives. En effet,

l'environnement urbain est très sensible à la pollution de l'air. Il est donc important de veiller à ne pas accroître le volume total de pollution émis. Un autre avantage des "routes de première classe" en matière de pollution est que l'air vicié est rejeté par des usines de ventilation. Il est donc possible de localiser ces rejets aux endroits les moins gênants en surface, et également de traiter ces rejets pour les rendre moins nocifs.

La situation est similaire en matière de sécurité routière : une circulation fluide et homogène en tunnel a un taux d'accidents dix fois plus petit que la circulation sur la voirie urbaine. Ce gain en sécurité est tel que même en l'absence de restrictions de trafic sur la voirie gratuite en surface, la mise en service de "routes de première classe" améliorerait la situation globalement. Mais, bien entendu, cette amélioration serait beaucoup plus forte si des mesures restrictives étaient prises à l'égard du trafic de surface.

### 5. CONCLUSION

Le développement d'un réseau routier à accès limité par le péage, que nous appelons "routes de première classe", dans le centre des grandes agglomérations, par exemple dans l'agglomération parisienne, est une mesure efficace, équitable et acceptable face à la congestion. C'est une mesure efficace, car en permettant aux usagers pressés de se déplacer rapidement, elle engendre un surplus important, proche du maximum qu'il est possible d'obtenir en tarifiant l'ensemble de la circulation sur les voies anciennes et nouvelles. C'est une mesure équitable, car en laissant la gratuité sur les voies anciennes, elle correspond à un processus de Pareto sans perdants, et que ses bénéfices socio-économiques peuvent être redistribués à court terme et à long terme dans l'ensemble de la population. C'est un processus acceptable, en plus des raisons précédentes, à cause de la possibilité de financement par le péage, et à cause des avantages sécuritaires et environnementaux.

Mais c'est une mesure qui n'est que partielle. Elle ne concerne évidemment qu'une partie de la demande de transport, dans le centre, et pour les usagers à valeur du temps élevée. Elle ne résout les difficultés de déplacements ni des voyageurs moins aisés dans le centre, ni de l'ensemble des usagers à la périphérie de l'agglomération.

C'est pourquoi, elle nécessite une politique budgétaire pour concrétiser les avantages redistributifs, et pour satisfaire d'autres aspects de la demande de transport. A cet égard, les crédits libérés sur les budgets routiers devraient être massivement utilisés pour améliorer les transports collectifs. En effet, si les "routes de première classe" satisfont la demande de déplacements haut de gamme, l'essentiel du volume de transport dans le centre des grandes agglomérations doit être acheminé par les transports collectifs, pour des raisons de coût et d'efficacité.

Le développement des "routes de première classe" devrait aussi s'accompagner de mesures de voirie, toujours pour concrétiser les avantages redistributifs, pour satisfaire d'autres aspects de la demande de transport, et pour préserver l'environnement. Ces mesures doivent viser à la fois à restreindre le trafic sur les voies de surface, à mieux gérer le stationnement sur voirie, et à

donner plus d'espace pour les autobus, les piétons, les bicyclettes et l'environnement.

Ces mesures d'accompagnement exigent une volonté politique forte, ce qui est difficile dans un contexte de dilution des responsabilités en matière de transport urbain. Mais leur application ferait des "routes de première classe", non seulement un choix librement accepté par les automobilistes pressés, mais aussi un moyen d'améliorer le cadre de vie de l'ensemble des citoyens.

## 6. QUELQUES REFERENCES

**BEHBEHANI et al. 84** - R. Behbehani, V.S. Pendakur, A.T. Armstrong-Wright - *Singapore Area Licensing Scheme: A Review of the Impact* - The World Bank, Water Supply and Urban Development Department - juillet 1984.

**BOEUF & PAPON 90** - Patrick Boeuf, Francis Papon - "Politiques tarifaires et commerciales des exploitants d'infrastructures de transport: quelques éléments de réflexion" - *Séminaire d'Economie des Transports* - ENPC - Paris - mai 1990 - 8 p.

**CHANDER & LERUTH 89** - Parkash Chander (Inde), Luc Leruth (Belgique) - "The optimal product mix for a monopolist in the presence of congestion effects: a model and some results" - *International Journal of Industrial Organization* - n°7 - North-Holland - 1989 - pp.437-449.

**DOBIAS & PAPON 90** - Georges Dobias, Francis Papon - "Des voies souterraines en Ile-de-France" - *Transports* - n°340 - Paris - mars 1990 - pp.176-181.

**DREIF 90** - DREIF - *Les transports de voyageurs en Ile-de-France 1989* - Préfecture de l'Ile-de-France - Paris - novembre 1990 - 95 p.

**DUPUIT 1844** - J. Dupuit (ICPC) - "De la mesure de l'utilité des travaux publics" - *Annales des Ponts-et-Chaussées* - n°116 - Paris - 1844 - pp. 332-375.

**FUJII 89** - Yataro Fujii - "User charges, cross-subsidization, and public subsidy - the case of expressways in Japan" - *Transportation Research A* - Vol 23A n°1 - Pergamon Press - Londres - 1989 - pp.7-12.

**GOODWIN & JONES 89** - P.B. Goodwin, P.M. Jones - *Système de couverture des coûts d'infrastructure (principe de 'road pricing' et applications) - table ronde n°80* - Conférence Européenne des Ministres des Transports - Paris - 19 janvier 1989 - 60 p.

**GOODWIN 89.a** - P.B. Goodwin (Transport Studies Unit, Oxford) - "Understanding Congestion" - *Chartered Institute of Transport First Annual Conference, 4/5 may 1989* - Oxford - 4 mai 1989 - 15 p.

**GOODWIN 89.b** - P.B. Goodwin (Transport Studies Unit, Oxford) - "The 'Rule of Three': A Possible Solution to the Political Problem of Competing Objectives for Road Pricing" - *Workshop on RTI Technology and the Territoriality Principle, Brussels, 7th June 1989* - Bruxelles - 9 juin 1989 - 7 p.

**HENRY et al. 88** - Claude Henry, Dominique Henriët, Patrick Rey, Jean-Charles Rochet - "Intérêt public, intérêt privé et discrimination" - *Revue Canadienne d'Economie* - 1988 - 32 p.

**INRETS 89** - INRETS - *LASER: rapport d'expertise* - INRETS - Arcueil - 13 janvier 1989 - 90 p.

**JESTIN 86** - Geneviève Jestin (administrateur civil, Ministère de l'Équipement) - "Le XX<sup>e</sup> siècle où la réhabilitation du péage" - *TEC* - n° 78 - Paris - septembre 1986 - pp. 7-10.

**KNIGHT 24** - F.H. Knight - "Some Fallacies in the Interpretation of Social Cost" - *Quarterly Journal of Economics* - n°38 - 1924.

**La Vie du Rail 91** - *La Vie du Rail : Transports, L'an 2001 en Ile-de-France* - Hors Série - Paris - août 1991 - 120 p.

**LEMPERIERE et al. 88** - François Lempérière, André Broto, Paul Gravost, Isabelle de Maublanc (GTM Entrepose) - "Pour traiter la circulation parisienne, le LASER remède miracle ou gadget?" - *Revue générale des routes et des aérodromes* - N° 654 - Paris - juillet 1988 - 10 p.

**MARCHE & PAPON 89** - Roger Marche, Francis Papon (INRETS) - "L'évaluation économique d'un réseau de voies rapides urbaines à péage, l'exemple du projet LASER pour l'agglomération parisienne" - *5<sup>ème</sup> Conférence Mondiale sur la Recherche dans les Transports, Yokohama, 10-14 juillet 1989* - WCTR - Yokohama - 10 juillet 1989 - 15 p.

**MOGRIDGE 90** - Martin J.H. Mogridge - *Travel in Towns: Jam yesterday, jam today, and jam tomorrow?* - The Macmillan Press Ltd - Londres - janvier 1990 - 308 p.

**MORRISON 86** - Steven A. Morrison - "A survey of road pricing" - *Transportation Research - Vol. 20A, No. 2, Part A: General, Special Issue: Road pricing* - Pergamon Press - Exeter - mars 1986 - pp. 87-98.

**NEI 90** - Nederlands Economisch Instituut - *Kosten-baten analyse Rekening Rijden* - NEI - Rotterdam - janvier 1990 - 70 p.

**NISKANEN 87** - Esko Niskanen (Tampere University, Finlande) - "Congestion tolls and consumer welfare" - *Transportation Research - Vol. 21B, No. 2* - Pergamon Press - Exeter - janvier 1987 - pp. 171-174.

**NITTA 89** - Y. Nitta (Osaka University) - "Causal models on drivers' consciousness related to road pricing on urban expressway" - *5<sup>ème</sup> Conférence Mondiale sur la Recherche dans les Transports, Yokohama, 10-14 juillet 1989* - WCTR - Yokohama - 10 juillet 1989 - 15 p.

**PAPON 88.DEA** - Francis Papon - *Comment appliquer une juste tarification économique de la circulation routière urbaine?* - DEA - ENPC, Université de Paris XII, INRETS - Paris - juin 1988 - 83 p.

**PAPON 88.T** - Francis Papon - "Tarification de la congestion et effets redistributifs" - *Transports* - N°330 - Les éditions techniques et économiques - Paris - juillet 1988 - pp. 332-336.

**PAPON 91.a** - Francis Papon - *Les "Routes de Première Classe" : Une tarification différenciée de la circulation en agglomération pour en améliorer l'efficacité*

*économique de manière socialement équitable* - thèse - Université de Paris XII, INRETS - Paris - avril 1991 - 4 tomes.

**PAPON 91.b** - Francis Papon - "Do First Class Roads Relieve Congestion in an Efficient and Socially Equitable Way" - *PTRC 19th Summer Annual Meeting* - Brighton - 9-13 septembre 1991.

**PIGOU 20** - A.C. Pigou - *Wealth and Welfare* - Macmillan - Londres - 1920.

**RATP & STP 91** - RATP, STP (J. Rousseau, C. Saut, E. Tardivel) - Choix contrastés de politiques de transport en matière de péage urbain, partage de la voirie, qualité de service (fréquence de desserte). Impact sur le système de transport - RATP, STP - Paris - février 1991 - 2 volumes.

**STARKIE 86** - David N. M. Starkie - "Efficient and Political Congestion Tolls" - *Transportation Research* - Vol. 20A, No. 2, Part A: General, Special Issue: Road pricing - Pergamon Press - Exeter - mars 1986 - pp. 169-174.

**STP 91** - Syndicat des transports parisiens - *Le péage urbain en Ile-de-France, point des études et réflexions* - Syndicat des transports parisiens - Paris - 1991 - 15 p.+ annexes.

**STROTZ 64** - Robert H. Strotz - "Urban Transportation Parables" - in Julius Margolis, editor: *The Public Economy of Urban Communities* - Johns Hopkins Press - Baltimore - 1964.

**WIGAN 77** - M. R. Wigan - "Traffic restraint as a transport planning policy 3: The effects on different users" - *Environment and Planning A* - vol. 9 - 1977 - pp. 1177-1188.

**ZETTEL & CARLL 64** - Richard M. Zettel, Richard R. Carll - "The Basic Theory of Efficiency Tolls: The Tolloed, The Tolloed-Off, and the Untolloed" - *Highway Research Record* - n° 47: *Traffic Congestion as a Factor in Road-User Taxation* - Highway Research Board - Washington - 1964 - pp.46-65.

## IS "PERFECT" ROAD-PRICING COST EFFECTIVE ?

Larsen O.I, Mathieu P. and Ramjerdi F.  
Institute of Transport Economics, Oslo, Norway

### SUMMARY

In this paper we compare what we call "perfect" road-pricing with a cordon toll approach to road-pricing. By "perfect" pricing of road use we mean a system where motorists pay a charge per road link used on a trip that is equal to the cost inflicted on other vehicles that use the same link. The purpose is to estimate an upper bound of the benefits that road-pricing might give. This "perfect" system will need a sophisticated and fairly expensive electronic system for implementation, while a cordon toll is simple and inexpensive by comparison. \*

The benefits are estimated for the Oslo-region. The basis for comparison is previous estimates of the benefits of the present cordon toll scheme and an improved cordon toll scheme.

Our estimates indicate that the potential benefits of a "perfect" scheme is about twice the benefits of a cordon toll adapted to the principle of road pricing.

### 1. INTRODUCTION

From a technical point of view it is now possible to implement a pricing system that charges motorist directly for the use of each link in a major part of the road network of an urban area.

If such a system is implemented, different principles can be applied in setting the charges. In the remainder of this paper we assume that the charges are based on the principle of road pricing. Broadly speaking this imply that a motorist should pay for the use of the roads an amount equal to the costs that are inflicted on the rest of the traffic in terms of increased travel time and increased operating cost of vehicles. In order to pay the full social cost of a trip, motorist should also be charged for the environmental cost of the trip or at least any part of the environmental cost that is not adequately reflected in an excise tax on fuel. We shall disregard the environmental aspect in this paper on the grounds that a pure congestion tax will comprise the major part of any "externality" tax in peak periods and also because the present excise tax on gasoline and cars in Norway probably are high enough to adequately cover environmental costs.

It is fair to say that even though we have the technical means of charging on links (e.g according to the route taken), we are still a long way from being able to charge the "correct" price for each road link. The reason is not the lack of technical means, but simply that we are not able to model real life traffic systems in a sufficiently realistic way and from this to infer the "correct" price. In this perspective,

the term "perfect" in the title of the paper is a misnomer. What it refers to is actually an approximation to a theoretical ideal.

The question we pose can be stated as follows:

There are many systems that can be used for charging motorists in an urban area and can be adapted to the principle of road-pricing. These systems will give some of the benefits of "perfect" road pricing, but will usually also have some disadvantages. On the other hand, "perfect" road pricing is probably also the most expensive and difficult system to implement since all vehicles have to be fitted with some electronic device and each link will need some kind of device for monitoring and communication. The issue is thus whether the additional benefits of going from a simple to a sophisticated system of charging motorists outweighs the additional costs of setting up a more extensive and sophisticated system.

There might of course be additional benefits related to a sophisticated system that have little to do with road pricing, but rather with the opportunity it provides for giving route guidance or other types of information relevant to motorists. Thus any additional benefits should also be taken into consideration when different schemes are compared.

Some alternatives to a "perfect" system with marginal cost pricing on links may be:

- a. Cordon tolls (Bergen, Oslo and Trondheim) (Larsen, 1988)
- b. Area license schemes (Singapore) (Watson and Holland, 1978)
- c. Systems based on charging for crossing of zonal boundaries, but where the number of zones is much higher than in a cordon toll system.
- d. Charging for the use of a number of "strategic" links.

A system that comes close to a "perfect" system is the system that was tested in Hong Kong (Transpotech, 1985).

A cordon toll is probably the most primitive system that can be used for road-pricing. The benefits of any other system that is properly designed will probably be somewhere between the benefits from a cordon toll system and a sophisticated system that charges the marginal cost on links.

In a previous paper (Ramjerdi and Larsen, 1991), we estimated the benefits of the present cordon toll scheme in Oslo and compared this with the an estimate of the benefits of a cordon toll system adjusted to the principles of road pricing. The results showed a substantial increase in benefits that can be traced to tolls that are closer to actual marginal costs both in peak and off-peak periods than the present system.

## 2. THE MAIN DIFFERENCE BETWEEN CORDON TOLLS AND PRICING ON LINKS

As mentioned above, a cordon toll - even with a toll equal to the average marginal cost of inbound trips crossing the cordon - is a very primitive pricing scheme. The advantage is mainly that a cordon toll is simple and inexpensive. The

disadvantages depend on several factors, including the exact location of the cordon in combination with the geographical layout of the urban area.

The location of the cordons in Oslo and Bergen gives practically speaking no incentive for motorists to take detours in order to avoid the toll. In Singapore - on the other hand - the Area License Scheme increased the traffic volume and the congestion on the ring road. This probably reduced the actual benefits of the scheme.

While the problems related to detours are avoided in Oslo and Bergen, the cordons have other disadvantages. The main problem is that any toll charged on a cordon will only be weakly correlated with the actual marginal cost of a trip.

Given the location of the toll gates in Oslo, a large number of trips will certainly be charged much more than the actual marginal cost of the trip even if the toll equals the average marginal cost for all inbound trips on the cordon. On the other hand, a large number of trips will be charged far less than the actual marginal cost. This especially goes for some long trips.

There will also be a large number of trips with both origin and destination either inside or outside the cordon that have fairly high marginal cost, but are not charged any toll. These trips will also be the only trips that make a clear-cut gain from the toll because they save time due to less congestion, but pay no toll.

The benefits from "perfect" road-pricing will be related to:

- a. changes in the timing of trips
- b. changes in mode choice
- c. changes in destination choice
- d. changes in the total number of trips e. changes in route choice for car trips

In a long term perspective, road-pricing will also have impacts on land use and location patterns. On the "usual" assumption that demand is more responsive to price changes in the long run than in the short run, the benefits per year from any properly designed pricing scheme will also increase over time.

A cordon toll will also have impacts classified under a.- d., but the impact on route choice (e) will only be minor and indirect as long as the cordon do not allow for detours around the cordon. If the location of the cordon makes detours an attractive option to drivers, the result will tend to be negative in the sense that congestion caused by detours may counteract the savings due to less traffic in other parts of the system.

An unknown part of the potential benefits of "perfect" road-pricing is related to the difference between "user optimum" and "system optimum" with regard to route choice (Florian, 1984). "Perfect" road-pricing will give motorist an incentive to take the routes that minimizes the total cost (or time) in the road system (for any given trip matrix). On this aspect, a cordon toll and many other simple road-pricing schemes have little to offer. However, it might also be that "perfect" road-pricing involves so little congestion that the difference between a system optimum and a user optimum with respect to route choice and total cost is relatively small. In that case, the main gain from road-pricing will come from the fact that there will be less road traffic in the congested periods.

### 3. MODELLING PRICING ON THE LINKS IN A ROAD SYSTEM

In the analysis presented below we disregard the possible impacts related to the impacts a, c and d above and concentrates only on mode choice between car and public transport. This is a simplification, but may simulate the short term impacts, especially in peak periods when a large share of the trips have fixed origin and destination.

In order to model the impact of road-pricing on links we need to calculate an equilibrium that simultaneously gives the travel time and the toll paid on different links and also the travel time and total price charged for trips between different origins and destinations. The total time and cost are needed because mode choice is a function of the total time and cost for the trip as well as the time and cost of using public transport for the same trip. These equilibrium values for time and toll should also be the same values that enters the demand or mode choice model in equilibrium.

As a starting point we take the volume-delay functions that are used in traffic assignment models. A volume delay function for a road link can be written as:

$$(1) \quad t = t(x)$$

where  $t$  = travel time on the link in minutes       $x$  = traffic volume in vehicles per hour

The total time that the vehicles spends on the link is:

$$(2) \quad T(x) = x t(x)$$

The extra time on the link caused by an additional vehicle is :

$$(3) \quad T'(x) = t(x) + x t'(x)$$

The second term on the right hand side of (3) is the additional driving time that a vehicle inflicts on the rest of the traffic on the link. It is primarily the monetary value of this term that should be captured with road-pricing. If we replace (1) by (3) in a traffic assignment model with fixed demand, we will get a "system optimum" assignment that minimizes the total time in the system. With "perfect" road-pricing, the motorist would pay a price equal to:

$$(4) \quad p(x) = qx t'(x)$$

for using the link. "q" is the average cost per hour for the traffic in the system. As  $t'(x)$  rises steeply when the traffic approaches the capacity of the link, the price might be fairly high. The cost of a trip will be sum of  $p(x)$  over all the links used on the trip. In a mode choice model of the logit type, the "utility" of travelling by car can be written as:

$$(5) \quad U(\text{car}) = a + b \text{ time} + c \text{ cost}$$

"Perfect" pricing imply that the sum of  $p(x)$  over all road links used on a trip should be added in the utility function together with other monetary costs (i.e. parking cost and operating cost of the vehicle).

To combine traffic assignment and modal split we apply volume delay functions that can be written as:

$$(6) \quad vd(x) = t(x) + d \cdot p(x)$$

where  $d = c/b$  from (5) and  $p(x)$  is defined by (4).

The assignment model will treat  $vd(x)$  as time, add it over all the links on the assigned route and enter it as "time" in (5). Due to the specification (6), this will be the same as entering separate terms for actual driving time and cost. The "utility" function for public transit contains weighted travel time for public transit on the same zonal pair and public transit fares. These remain constant in the model. However, in any real urban system, a major shift from car driving to public transit may also, due to the need for more capacity in the transit system, trigger an improvement in public transit services and thus indirectly a shift in the demand for car trips. This type of a feed-back to public transport supply is not included in the model. The matrix of demand for travel by car is composed of a fraction of an estimated car trip matrix and a fraction of an estimated matrix of public transit trips. In matrix notation the demand for car trips can be written as:

$$(7) \quad Z = (1-w) \cdot X + (w \cdot X + vY) \cdot P\{vd(x)\}$$

$(1-w) \cdot X$  is the fraction of the car trip matrix that is assumed to be unresponsive to pricing within the range of prices that is the outcome of the model (business trips and goods transport).  $w \cdot X$  is the part of the car trip matrix that has public transit as an option.  $vY$  is the fraction of the public transit trip matrix that is not captive to public transport (i.e. includes travellers with drivers license and access to car).  $P\{vd(x)\}$  is the probability of going by car with the generalized cost implied by  $vd(x)$  and the other variables that have an impact on mode choice. For assessment of benefits we assume different time values for the unresponsive trips,  $(1-w) \cdot X$ , and the demand matrix that is responsive to the pricing on links ( $w \cdot X + vY$ ). In order to estimate benefits on a yearly basis, we assume that benefits in the morning and afternoon peak are equal and that the peak hours add up to 460 hour per year. This is a realistic assumption for the Oslo-region, but larger cities may have much more than 460 hours of traffic congestion per year. In the evenings and weekends the marginal cost is usually negligible and we have assumed zero benefits from road pricing. When we estimated the benefits from a cordon toll with a toll fee equal to average marginal cost, we found that the toll would be very small between the peaks and would be adequately covered by the present excise tax on gasoline. This also turned out to be the case with marginal cost pricing on road links. Even though road pricing is not worthwhile to implement during working hours in Oslo, this may not be the case in cities with more congestion and/or lower excise tax on gasoline.

### 4. RESULTS

Our previous estimates of the benefits from the present cordon toll scheme is shown in Table 1. The basis for comparison is the no-toll situation.

Table 1: Estimated benefits of the present cordon toll in Oslo

BENEFITS - MILL NOK PER YEAR:				
	TIME	OPERATING	LOSS OF	TOTAL
	SAVING	COST SAV.	SURPLUS	
PEAK PERIODS	42.1	2.4	-6.3	38.3
BETWEEN PEAKS	5.0	0.2	-7.0	-1.7
OTHER PERIODS	5.3	0.4	-20.4	-14.7
TOTAL	52.4	3.0	-33.6	21.9
TOLL REVENUE: 600 MILL NOK				
SUMMARY :				
BENEFITS TO TRAFFIC	21.9			
STOPS AT TOLL GATES	-4.9			
COST OF TOLL COLLECTION	-96.6			
TOTAL	-79.6			

The present scheme is operated around the clock 7 days a week. The toll is 10 NOK for inbound light vehicles and 20 NOK for heavy vehicles. Table 1 shows that the net benefits are positive only for peak periods, which reflects the fact that the toll rates are far above the marginal cost outside of peak periods. The cost of operating the present scheme exceeds the benefits by a fair amount. However, the revenue of the present scheme is approximately 600 Mill NOK per year and it is acceptable as a source of financing when we consider the opportunity cost of public funds. Table 2 gives the estimated benefits from an improved cordon toll scheme. The location of the cordon is adjusted somewhat from the present scheme and follows the Ring Road in Oslo. The toll rates are equal to the estimated marginal cost of a round trip in peak periods in an equilibrium situation, but are charged only on inbound trips in the peak periods. Again the basis for comparison is a no-toll situation.

Table 2 : Estimated benefits of an improved cordon toll scheme in Oslo

BENEFITS - MILL NOK PER YEAR:				
	TIME	OPERATING	LOSS OF	TOTAL
	SAVING	COST SAV.	SURPLUS	
PEAK PERIODS	108.5	6.0	-19.4	95.2
BETWEEN PEAKS	0.0	0.0	0.0	0.0
OTHER PERIODS	0.0	0.0	0.0	0.0
TOTAL	108.5	6.0	-19.4	95.2
ESTIMATED TOLL REVENUE: 180.0				

## SUMMARY:

BENEFITS TO TRAFFIC	95.2
STOPS AT TOLL GATES	-4.9
COST OF TOLL COLLECTION	-70.0
TOTAL	24.7

The estimates for the improved scheme show increased benefits in the peak periods. Loss of surplus in off-peak periods is avoided. The benefits are also sufficient to cover the cost of toll collection. The improved scheme will thus have a benefit-cost ratio that exceeds one, but net financial revenue will decrease compared with the present scheme.

A trip by a light vehicle from an origin outside the cordon to a destination inside the cordon will in this scheme pay 25 NOK for a round trip with both legs in the peak periods. A trip that goes through the cordon from one sector to another in the morning and returns in the afternoon peak will pay 50 NOK for the round trip. Table 3 shows the estimates of benefits from a road pricing scheme that applies marginal cost pricing on links.

Table 3: Estimated benefits of a "perfect" road-pricing scheme in the Oslo - region.

BENEFITS - MILL NOK PER YEAR:				
	TIME	OPERATING	LOSS OF	TOTAL
	SAVING	COST SAV.	SURPLUS	
PEAK PERIODS	170.8	8.7	- 6.9	172.6
BETWEEN PEAKS	0.0	0.0	0.0	0.0
OTHER PERIODS	0.0	0.0	0.0	0.0
TOTAL	170.8	8.7	- 6.9	172.6

ESTIMATED REVENUE: 92.2 Mill NOK

As expected the "perfect" scheme yields higher savings in terms of time savings and operating cost savings. It should also be noticed that the loss of surplus decreases considerably. The net result is an increase in estimated total benefits of 80 per cent compared to the improved cordon toll scheme. What is surprising, however, is the magnitude of the revenue. Contrary to what we expected, the revenue is less than the benefits, implying that a majority of road users actually should be better off with road pricing than without, even prior to the use of the revenue.

The main explanation for this curious result is that the value of time implied by the demand function that we have used is less than the value of time that is used to assess the benefits and used as an estimate of the average cost per hour for the traffic in the system. The implication is that one minute of delay inflicted on other vehicles



counts as 3 minutes additional travel time when it comes to demand and route choice.

However, contributing to the low toll revenue is also the fact that "perfect" road-pricing is a much more fine-tuned measure than a cordon toll. It should thus enable more benefits to be gained from any amount of penalty on motorists in terms monetary cost.

The average marginal cost of the trips that are undertaken in equilibrium can be calculated by dividing the revenue per peak hour with the number of trips. The average marginal cost per trip turns out to be 3 NOK.

The trips that are "priced out" are also - on the average - fairly long trips. Average trip length decreases from 14.9 kilometers to 12.0 kilometers, and the average length of trips that are "priced out" is 44.7 kilometers. This imply that a large share of the trips that are "priced out" is through-traffic in the central area of Oslo and have a driving distance within the congested part of the network is fairly high.

The percentage decrease in the number of trips in the morning peak is only 9 per cent and actually somewhat less than with the cordon toll scheme on which Table 2 is based. This is probably reasonable. It is often assumed that the congestion in an urban road system is caused by 15 - 20 per cent of the trips, and a comparable percentage consists of trips that are marginal in the sense that travellers can easily shift to public transit with only a minor increase in generalized travel cost.

A cordon toll scheme will "price out" a large number of trips that do not necessarily have a high marginal cost, and the cost of using the car will be very high for a large number of relatively short trips.

Adding to the benefits of less congestion due to a reduction in the number of trips, is also the gain from better route choice.

The results presented in Table 3 indicate that "perfect" road pricing may offer benefits that clearly exceeds what we will be able to get from a simple cordon toll scheme. It is obvious that it will also be more equitable and fair than a cordon toll scheme.

As mentioned above the value of the estimated benefits is higher than the estimated revenue from road-pricing. Theoretical considerations usually arrive at the opposite conclusion, at least when all travellers are assumed to have the same value of time. Whether it is a theoretical possibility that the revenue from road pricing is less than the benefits in terms of the value of time savings when all vehicles have the same value of time is unclear.

In an urban system we may have a large number of O-D pairs where the time savings are fairly high because traffic on other O-D pairs is reduced, and where - at the same time - the increase in travel cost due to road pricing is low compared to the value of travel time savings. The impact of "optimal" route choice is also added the impact on the number of trips.

We may be fooled by the simple diagrams used to illustrate the principle of road pricing and also by the result of simple and aggregate models.

The main points can be illustrated as in Figure 1 and 2. Figure 1 is the type of diagram that is used to illustrate the principle of road pricing. The introduction of

road pricing is supposed to change the equilibrium from A to B. The revenue from road pricing is the area CBDE and the real cost saving to road traffic is the area FGDE. The revenue will always be higher than the cost saving, but it is possible to have models with different market segments that shows that a segment with high value of time might value the time saving more than the amount paid for the use of the roads.

Figure 1: "Standard" diagram to illustrate road pricing

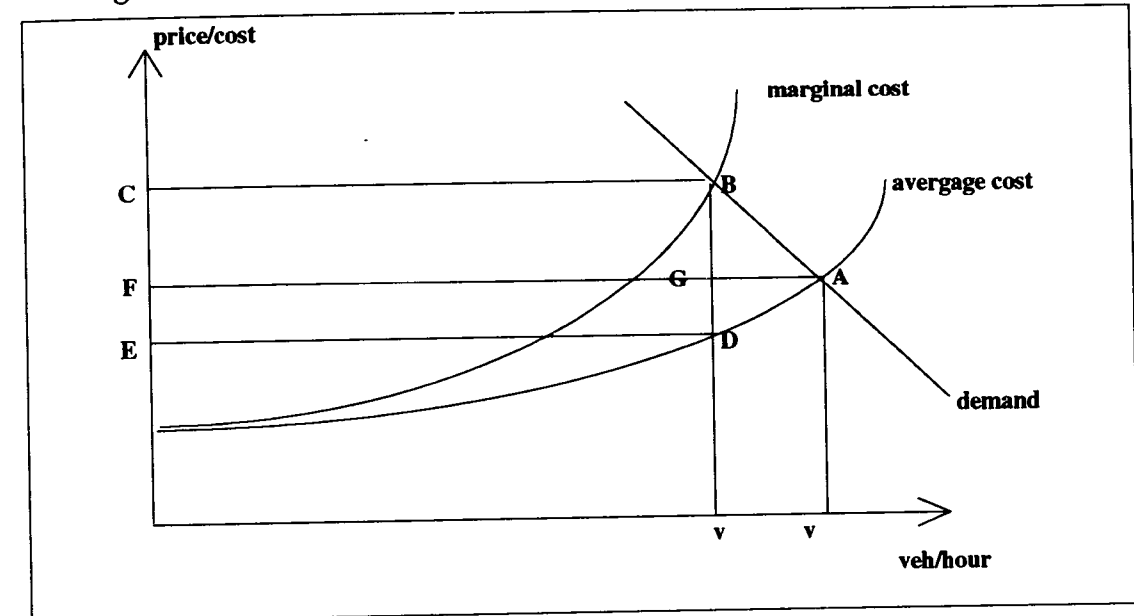


Figure 2: Diagram with shift in demand

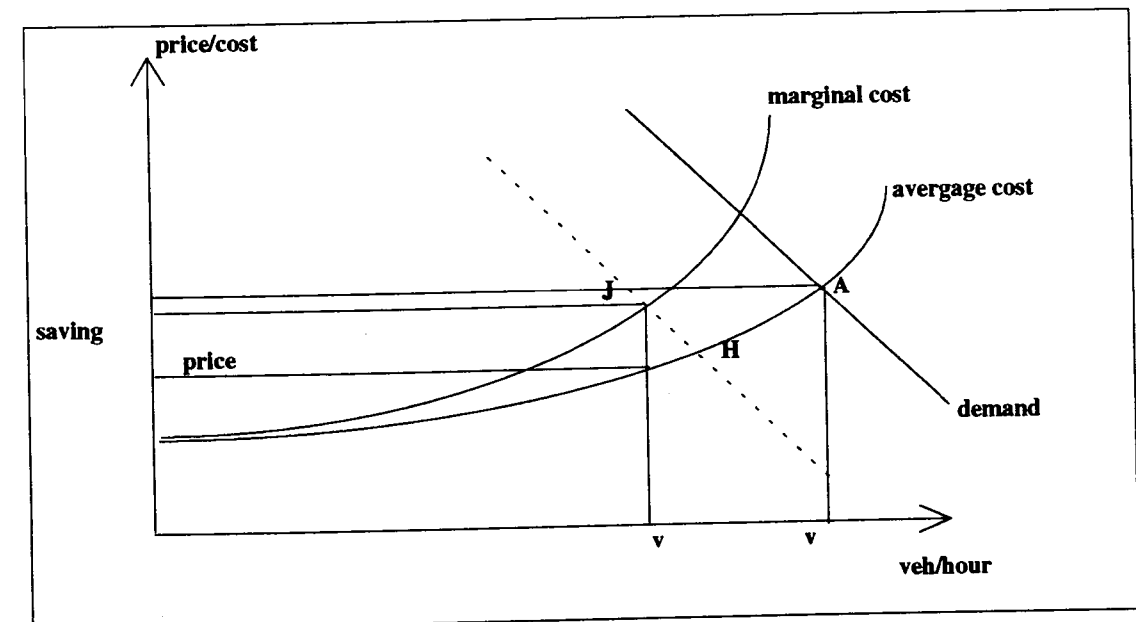




Figure 1 is probably misleading, and do not show accurately what actually happens when road pricing is introduced in a congested urban road system. Figure 2 is actually closer to the truth. Due to the introduction of road pricing, the demand on any particular road link is influenced by two components. The pricing of all other links in the system will introduce a shift in the demand on any particular link because the total number of trips in the system decreases and routes are changed. On a very congested road, the equilibrium may move from point A to H. The pricing on the specific link then moves the equilibrium from H to J. The movement from A to J actually goes in one step, but the figure shows the two components involved: 1) A shift in the demand function and 2) A movement along the demand function. Whether the revenue from road pricing on a particular link will be higher or lower than the cost saving, will depend on the magnitude of the shift and the slope of the cost and demand function.

Figure 2 thus explains why the value of travel time savings on some links may exceed the toll revenue. The story told by Figure 1 makes this impossible. The confusion on this point stems from the fact that a stylized theory is applied uncritically to a transport network with a large number of road links and demand with origin and destination at different points in the system which may be more or less responsive to the cost of using the road system.

However, the crucial question is whether the situation in Figure 2 can occur on sufficiently many links so that the aggregate value of time savings exceeds the revenue from road-pricing when all vehicles have the same value of time.

The question posed in the title of this paper do not have a clear answer. It seems obvious that the benefits of a sophisticated system for road-pricing will be much higher than for any simple scheme like a cordon toll. The main issue is the cost difference. An analysis like the one we have done for the Oslo-region should be a good starting point if we want to look for an intermediate solution that is less costly than a "perfect" road-pricing scheme, but still can give use a major part of the potential benefits.

## 5. IMPACTS OF THE PRESENT TOLL RING IN OSLO AND RECENT DEVELOPEMENT REGARDING THE CORDON TOLL

Although the present scheme in Oslo was designed to raise revenue without any consideration being given to the principles of road-pricing, it will have and impact on traffic. In Ramjerdi and Larsen (1991) a model is used to estimate the reduction in traffic due to the toll. The estimated reduction in the number of trips that crosses the cordon in the peak hours was around 8 per cent, 4.4 per cent during working hours, and 16 per cent for the remaining hours.

Weighted together this amounts to approximately 12 per cent decrease in the number of trips crossing the cordon on a weekly basis. However, as this model calculation did not adequately handle the impact of seasonal passes, we expected that it would overestimate the impact.

There are now two sources that have provided us with estimates of the impact. A comprehensive analysis of traffic counts indicate a decrease of 8 per cent  $\pm$  2 per

cent. The analysis of traffic counts has only differentiated between sectors, but not by periode. It shows less decrease in the sector that benefits most from the new tunnel under the CBD - area in Oslo. This tunnel was opened for traffic one month prior to the implementation of the cordon toll. It may also explain some of the difference between our initial estimate and the result of traffic count analysis.

The other source of information on the impacts of the cordon toll is two travel surveys conducted before and after (October/November 1989 and October/November 1990). The surveys also include a panel that has yet to be analyzed to the extent we intend.

However, a simple regression analysis on the change in the number of car trips between zonal pairs from 1989 to 1990 shows that the traffic between zonal pairs where the cordon must be crossed has decreased by 6.1 per cent ( $\pm$  5.3 per cent) on a weekly basis. Looking at the result from the two sources, it is tempting to conclude that the actual decrease in the number of vehicles crossing the cordon has been between 6 and 10 per cent on a weekly basis.

A similar analysis for different periods shows a decrease of 12 per cent between 6 AM and 9 AM, Monday - Friday, no significant change between 9 AM and 3 PM and between 3 PM and 6 PM on the same days. Some reduction should be expected between 3 PM and 6 PM since there was a decrease in the morning and this ought to show up also in the afternoon. At present we have no explanation for lack of impact in the afternoon. For evenings and weekends the estimated reduction is 13 per cent based on the travel surveys.

For public transit it has not been possible to detect any significant impact so far. This goes for ticket sales as well as for traffic counts on transit lines and the travel surveys.

A decision in the Norwegian parliament has recently opened for the use toll rates that are differentiated by time of day in Oslo and also for the use of toll revenue to improve public transport. It will now be up the local authorities if these options shall actually be used.

The fact that an electronic system is now also used to charge per trip and not only as a means of validating seasonal tickets will facilitate the implementation of toll rates differentiated by time of day, but it is still a hot political issue. Using toll revenue for public transport is even more controversial.

## REFERENCES

- Florian M. An Introduction to Network Models Used in Transportation Planning. In Florian (ed) : Transportation Planning Models, North Holland, Amsterdam-New York-Oxford, 1984 ISBN 0 444 87581 6
- Larsen O. I. The Toll Ring in Bergen, Norway - The first year of operation. Traffic Engineering + Control, April 1988
- Ramjerdi F., Road pricing as a means of financing
- Larsen O. I. investments in transport infrastructure, the case of Oslo. Conference on "Public/ Private Partnerships in Urban Mobility", Paris, April 3 -5, 1991

Transpotech Electronic Road Pricing in Hong Kong, Main Report. Report prepared for the Hong Kong Government. 1985.

Watson, P. L., Relieving Traffic Congestion: The Singapore

Holland E. P. Area License Scheme. World Bank Staff Working Paper No. 281, June 1978. The World Bank, Washington, D.C.

## LA TARIFICATION ET LA RECUPERATION DES EXTERNALITES

Synthèse des discussions du thème 2  
Bruno Faivre d'Arcier, INRETS-DEST

La tarification d'usage des infrastructures vise en général deux objectifs principaux. La production de recettes est le moyen de faire participer les usagers à l'amélioration des conditions de déplacements, notamment pour se substituer à la défaillance des fonds publics. Dans ce contexte, l'utilisateur achète en quelque sorte une qualité de service ou un gain de temps. D'un autre côté, la tarification vise à orienter la demande pour réduire la congestion, et l'utilisateur est incité à effectuer son déplacement à un autre moment ou à un autre endroit.

Mais les conséquences d'une telle tarification peuvent jouer sur de nombreux facteurs et sont difficiles à mesurer. L'impact sur les localisations à plus ou moins long terme dépend notamment du poids des facteurs accessibilité et temps de déplacement dans l'évaluation des valeurs foncières : le type de péage mis en oeuvre jouera différemment sur la valorisation des espaces urbains. En particulier, dans le cas d'un péage de zone, le fait d'avoir à payer pour circuler peut inciter à un report en périphérie, à moins de pratiquer certaines dispositions complémentaires propres à densifier la zone concernée, en contrôlant sans doute aussi la nature des habitations réalisées.

A l'inverse, une tarification limitée à certaines infrastructures permet la cohabitation de deux systèmes, l'un à péage, plus rapide et plus fiable, l'autre libre mais pouvant supporter une congestion plus forte. Dans le cas d'infrastructures nouvelles à péage, le surplus global des usagers peut être positif et donc ce dispositif peut être mieux accepté socialement. Mais pour cela, encore faut-il gérer correctement les entrées-sorties de ce nouveau système, pour éviter soit une congestion dans l'accès au stationnement, soit un report de la congestion aux marges du système tarifé.

Il serait nécessaire aussi de prendre en compte dans les évaluations des systèmes à péage, les avantages pour les activités économiques, qui peuvent bénéficier largement des gains de temps et accroître ainsi leur productivité, notamment pour le transport des marchandises (cas des flux tendus). Dans ce contexte, les entreprises ne seraient pas forcément hostiles à une tarification de la circulation. Mais cela suppose aussi une politique à long terme, afin que les gains de temps obtenus par la création de nouvelles infrastructures ne soient pas annihilés à terme par la croissance de la congestion.

La question de la tarification par le stationnement pose ainsi le problème de l'équité : si une sur-taxe est appliquée seulement sur la zone centrale, elle peut entraîner des délocalisations vers l'extérieur tout-à-fait préjudiciables.

De même, la modulation tarifaire dans le temps, calée sur le coût marginal, est une solution qui semble pouvoir être mise en oeuvre à terme, sur un plan technique.

Mais si cette démarche peut être considérée comme optimale quant à l'orientation de la demande, elle n'est pas forcément la meilleure quant aux recettes attendues.

Si la tarification des infrastructures se justifie sur le plan théorique pour réduire la congestion, il faut bien noter que l'orientation de la demande correspond pour l'utilisateur à trouver le moyen d'éviter le péage, processus qui devrait aboutir à minimiser les recettes : le péage de zone est-il alors le moyen de financer l'amélioration des conditions de déplacements attendue par les usagers, ou bien un compromis entre une réduction partielle des embouteillages et la levée de nouvelles taxes à l'usage pour réduire la crise du financement ?

Ainsi, la création d'un nouveau réseau d'infrastructures à péage est une solution radicalement différente de la mise à péage d'une zone sans infrastructure nouvelle. La première solution se situe dans un contexte parétien habituel en matière de transports urbains, et semble de ce fait la plus probable à court terme : une certaine catégorie d'utilisateurs (à forte valeur du temps) contribuera au financement de l'amélioration de ses conditions de déplacements, sans gêner (a priori) les autres usagers. La régulation se fait par une répartition spatiale des différentes catégories d'utilisateurs, et le niveau de tarification doit permettre un apport substantiel au financement du nouveau réseau.

Dans le second cas, l'effet spatial peut apparaître à plus long terme, au travers des localisations des habitations et des activités. La régulation se fera par un évitement spatial de la zone (pour ceux qui le peuvent), par un report modal éventuel ou par un évitement temporel dans le cas d'un péage aux seules heures de pointe, mais avec le risque d'un étalement de cette pointe. Par contre, si la régulation de la demande fonctionne, le niveau de tarification ne peut sans doute constituer un apport conséquent en matière de financement des infrastructures.

En particulier, la question reste ouverte de savoir comment les recettes peuvent contribuer au développement de l'alternative des transports collectifs urbains : il importe en effet que l'offre de transports collectifs constitue une alternative crédible en matière de temps de parcours, de fréquence et de qualité du service offert, notamment si la tarification de zone n'est pas modulée dans le temps.

Ces différentes remarques soulèvent in fine l'idée d'une diversification accrue des conditions de déplacements en zone urbaine. L'économie de variété répond-elle à une attente des usagers ?

### THEME 3

## LES REACTIONS DES USAGERS

# VERS LA SIMULATION DU CHOIX DES USAGERS D'UN SYSTEME DE PEAGE URBAIN

Martin E.H. Lee-Gosselin, Université Laval, Québec

## RÉSUMÉ

*Les systèmes de tarification urbaine peuvent avoir recours à une large variété d'approches et de mécanismes pour améliorer l'utilisation efficace des équipements routiers et réduire la congestion de la circulation. On sait peu de choses sur la réponse des utilisateurs de route, sauf dans le cas d'un petit nombre d'approches qui ont été étudiées dans la perspective d'un réseau ou d'un système économique. Les méthodes d'enquête par entrevue en profondeur, utilisant le jeu-simulation, ont démontré leur utilité pour explorer des propositions de tarification non familières. Cet article discute les principaux types de tarification en relation avec un cadre de référence conceptuel pour les choix de comportements de déplacements faits par les utilisateurs d'automobile. Les résultats de certaines expériences méthodologiques limitées suggèrent quelques éléments clés pour la conception de simulations utilisables dans les enquêtes sur les réponses cumulatives et marginales des automobilistes à la tarification. Il est conclu que de telles simulations sont possibles si de nouvelles techniques de collecte de données sont appliquées pour la construction des données basées sur les programmes d'activités.*

-----

## 1. INTRODUCTION

Pour cette session sur la réponse des usagers à la tarification, j'aimerais aborder le problème de la mesure et de la prédiction dans une perspective d'analyse comportementale. Il est important de souligner que mes préoccupations concernent les perceptions individuelles des usagers de la route des choix de déplacements et de leurs implications. Je préfère par conséquent, laisser aux économistes les thèmes ayant trait au niveaux du système tels que l'équilibre et l'élasticité parmi les segments de marché, ainsi que les spécifications des modèles quantitatifs de tarification en général. Ma participation au débat sur la tarification sera d'offrir des intuitions et des idées, développées à partir d'un certain nombre de projets de recherches, sur les façons dont les automobilistes perçoivent la modification des combinaisons de choix sous de nouvelles conditions. En fait, je me concentrerai sur les utilisateurs de l'automobile, même si mon propos n'est pas spécifique aux automobilistes.

En même temps, il serait judicieux d'exposer mon point de vue sur la tarification du transport urbain dans le contexte actuel, puisque cela a sans doute influencé ce sur quoi j'ai porté mon attention dans mes travaux sur les automobilistes. Du point de vue d'un système économique, je trouve

convaincants les arguments pour l'équité et l'efficacité de la tarification des usagers de la route qui ont été successivement élaborés au cours d'une longue période par d'influents penseurs tels que Dupuit, Pigou, Vickrey, Smeed et Mogridge. De plus, à ce moment de l'histoire du transport, je crois que pour la première fois, nous sommes relativement près d'un consensus international sur cette question et ce pour trois raisons.

Tout d'abord, si on se compare aux récentes décennies, il y a maintenant une plus grande acceptation des mécanismes de marché, en partie parce qu'il y a également une plus grande volonté de considérer les externalités. La notion d'équité politique inclut de plus en plus la tarification marginale des coûts sociaux, ainsi qu'une nouvelle volonté de faire des prédictions raisonnables des coûts sociaux considérant des informations parfois imparfaites, surtout s'il y a un mécanisme pour corriger la balance lorsqu'il y a une amélioration de l'information (par exemple, voir Vickrey (1979) sur les taxes associées à la pollution).

Deuxièmement, la sensibilisation du public aux coûts sociaux du trafic motorisé n'est plus strictement confinée au décompte des victimes de la route, aux alertes de smog à Los Angeles et à la transformation des villes médiévales. Des problèmes semblables et d'autres natures sont devenus aussi visibles sous une quelconque forme dans la plupart des localités, alors que la contribution du trafic motorisé aux pluies acides et au réchauffement global du climat est devenue un objet de négociations internationales. Pour constater jusqu'où est rendu le débat depuis les quelques 15 dernières années, nous pouvons consulter des énoncés de politiques nationales comme celui du gouvernement britannique de White Paper on Transport Policy (UK Department of Transport, 1977). Ce rapport contient sur une page le bilan des dépenses en transport et des ressources utilisées incluant les accidents et les coûts d'assurance; mais il y a très peu d'autre chose sur les externalités.

Troisièmement, il est de plus en plus évident que les coûts d'utilisation sont acceptés par les automobilistes si les sommes accumulées sont affectées à l'amélioration du transport (par exemple, Jones 1991). Il est d'autant plus intéressant de constater que les automobilistes approuvent souvent l'utilisation de ces revenus pour défrayer le coût du transport en commun, même s'ils n'ont pas l'intention d'y avoir recours, et par là reconnaissent implicitement les bénéfices que leur rapporte cette forme de diminution de la compétition pour l'espace de rue. Cet argument est contraire au point de vue politique selon lequel les automobilistes ne veulent que de nouvelles routes, mais il est compatible avec la théorie très discutée sur laquelle on base des investissements parallèles dans les modes de transports en commun de façon à augmenter la qualité du service sur le système routier (spécialement Mogridge, 1990).

Revenons au sujet de cette communication, on sait peu de choses sur la réponse des usagers des routes à la diversité des mécanismes de tarification urbaine déjà disponibles. Toutefois, il existe un certain nombre de travaux méthodologiques sur la réponse des usagers à l'Informatique de Transport Routière (RTI) dans le cadre du projet EURONETT (dirigé par Oxford University Transport Studies Unit), et une partie de ces travaux touchent les systèmes de tarification.

Dans la seconde section de cette communication, je propose une vision personnelle de la diversité des mécanismes de tarification en relation avec un cadre conceptuel pour les choix de comportements de déplacements faits par les automobilistes. La troisième section introduit brièvement la conception des jeux-simulations comme méthode d'enquête pertinente dans ce domaine de même qu'une sélection de résultats d'expérimentations méthodologiques. Les sections 4 et 5 présentent mes conclusions concernant ce que je considère être les intuitions clé concernant le design des enquêtes basées sur les entrevues-simulations pour étudier les réponses des automobilistes aux systèmes de tarification.

## 2. UNE PERSPECTIVE DU COMPORTEMENT DE L'USAGER EN RELATION AVEC LA TARIFICATION

Dans cette section, je vais examiner la nature de la tarification et décrire un modèle conceptuel de prise de décisions des automobilistes. Dans les deux cas, je veux faire quelques distinctions et définir certains termes en vue de la section suivante sur la conception des simulations.

### 2.1 La tarification comme signal aux automobilistes

Du point de vue de l'automobiliste, nous devons concevoir la tarification comme un signal à l'encouragement ou au découragement de certains aspects de l'utilisation de l'automobile. Ces aspects peuvent être traduits comme des choix concernant les attributs des déplacements majeurs: heure de départ (et implicitement la vitesse), la destination, la route, la charge et le mode. Outre les possibilités de substitution du choix de mode automobile, la "charge" et le "mode" impliquent des décisions concernant les passagers ou la marchandise et occasionnellement un choix de véhicule, par exemple, un type spécial de véhicule comme les vagonnettes ou même les véhicules à faible pollution (low-emission vehicles - LEV). Je vais également inclure dans la discussion, des changements structuraux comme les lieux de résidence et de travail de même que l'acquisition et la disposition d'un véhicule.

Il serait facilitant pour la clarté de la discussion de classer les grands types de tarification qui peuvent toucher les automobilistes. Une revue des systèmes de tarification actuel et proposé suggère une catégorie de frais fixes et quatre principaux types de frais variables:

#### I. Les frais liés à l'acquisition et à l'utilisation d'un véhicule

Les frais fixes appliqués périodiquement, comme les frais d'immatriculation et d'assurance, ou en rapport avec l'acquisition du véhicule comme les taxes de vente, les surcharges pour les automobiles "gloutonnes d'essence", ou l'acquisition de droits de vente ou d'importation. Il faut noter que ces frais peuvent être sujets à une réduction ou à des rabais remboursables comme dans le cas des incitatifs à l'achat de véhicules utilisant des carburants alternatifs.

## II. Les frais liés au niveau d'utilisation

Les frais appliqués directement par l'intermédiaire du compteur de distance et/ou de la durée d'utilisation (e.g. les voitures louées) ou indirectement par le biais des taxes sur l'essence. Les taxes sur l'essence offrent la possibilité de pondérer l'utilisation totale, ce qui est désirable du point de vue environnemental. Une légère variation des compteurs déjà en usage dans les taxis pourrait servir à pondérer les frais d'utilisation totaux en fonction des périodes d'immobilité des véhicules ou en fonction du nombre d'arrêts; un tel système peut surtarifier la congestion indépendamment du temps ou de la localisation.

## III. Les frais liés uniquement à la localisation

Les frais liés à l'utilisation des équipements ou les zones non-différenciées par le temps ou le jour de la semaine, comme presque tous les postes de péage, les ponts et tunnels et plusieurs types de stationnement aussi bien que certains cordons tarifaires.

## IV. La "surtarification" de la congestion basée sur la prédétermination des temps et des endroits de congestion

Ceci inclut les frais additionnels annoncés à l'avance pendant les heures de pointes, comme les licences supplémentaires d'entrée simple et multiple dans les zones centrales et les frais différentiels pour la Tarification Électronique de Route (Electronic Road Pricing - ERP), le stationnement, les ponts, les tunnels et les traversiers.

## V. Les frais basés sur la congestion en temps réels et la localisation

Les systèmes pour surveiller et évaluer en temps réel la congestion (par exemple, via les seuils de vitesse) et pour ajuster dynamiquement la tarification de l'utilisation des routes, des stationnements ou des zones grâce à l'aide de l'Informatique de Transport Routière (Road Transport Informatics (RTI)). Un système avancé pourrait permettre aux automobilistes de miser et d'enchérir pour la capacité disponible telle qu'un stationnement garanti à l'arrivée.

Dans le cas des catégories de frais variables (II à V), qui constituent le principal sujet de cette communication, nous devons également porter une certaine attention aux moyens de présenter les signaux de la tarification. Ceux-ci étant traités dans d'autres communications, je me limiterai pour le moment à présenter les principales caractéristiques des trois types de mécanismes de tarification:

### A. Le paiement comptant en passant

L'automobiliste passe les postes de péages manuels ou automatiques de façon anonyme pour bénéficier d'une entrée ou pour acheter une licence supplémentaire (paye et affiche).

## B. Les systèmes de pré-paiements et de crédit anonymes

Les plus communs étant l'achat de coupons ou de jetons, ces systèmes de paiement peuvent être très sophistiqués lorsqu'on utilise des "cartes intelligentes" (smartcards) qui permettent le pré-paiement d'unités pouvant être dépensées pour un ou plusieurs équipements et qui enregistrent et rapportent les crédits résiduels lors de l'utilisation. Ces unités peuvent être utilisées en fonction de taux variables selon le temps et/ou la localisation, tout comme les "cartes intelligentes" que l'on utilise présentement pour les remonte-pentes dans les stations de ski et dans les téléphones publics en Europe. L'Identification Électronique (Electronic Identification - EID) peut constituer une approche alternative: un automobiliste pourrait acheter un collant apposé temporairement sur son véhicule (ou un autre véhicule), qui serait vérifié au poste de péage et donnerait lieu à un Transfert Électronique de Fonds (Electronic Funds Transfer - EFT) ou à une facturation automatique sur une base périodique. Une variété de systèmes ont été proposés pour protéger la confidentialité des déplacements des usagers, incluant la combinaison des EID et de la technologie des "cartes intelligentes" dans un système de perception automatisé.

## C. Le suivi automatisé des véhicules

L'Identification Automatique des Véhicules (Automatic Vehicle Identification - AVI), précédemment connu comme étant "les plaques d'immatriculation électronique", diffère des EID par ses capacités à identifier un véhicule spécifique en mouvement. Cette technologie est présentement opérationnelle sur de grandes zones pour les camions et les trains et a recours dans certains cas à la détection par satellite. Dans un système de Péage Automatique (Automatic Toll Collection - ATC), l'AVI peut être lié à une variété de systèmes de facturation. Pour les véhicules motorisés privés, de tels systèmes constituent une atteinte à la confidentialité à moins qu'il existe en parallèle une alternative respectant l'anonymat ou que la participation demeure sur une base volontaire.

Ces trois types de mécanismes contiennent également des variations importantes au niveau du type et de la fréquence du "feedback" sur le tarif, tel que vu par l'automobiliste. Le système du paiement au comptant et la présentation manuelle de la "carte intelligente" impliquent une preuve tangible des frais à chaque utilisation d'un équipement, alors que le système automatique permet pour sa part une rétroaction à une fréquence aussi minime qu'une fois par mois ou même moins. Néanmoins, les systèmes RTI avancés pourraient estimer les frais d'un itinéraire avant le départ et de présenter d'autres possibilités, particulièrement si une quelconque partie du système permet de surenchérir pour l'utilisation des équipements. De plus, il serait théoriquement possible de fournir une fois le trajet amorcé, un compte-rendu cumulé des frais encourus jusqu'à présent.

## 2.2 Un cadre conceptuel pour le choix des utilisateurs de l'automobile

Dans le but d'explorer la façon dont le message sur la tarification affecte les choix des conducteurs, je vais élaborer l'essentiel d'un cadre conceptuel pour

comprendre les comportements de déplacements connu comme étant "l'enveloppe opérationnelle"; ce concept est issu des discussions en atelier de la Oxford Conference on Travel and Transportation (Lee-Gosselin, Mahmassani et Hanson, 1989).

Tel qu'illustré à la Figure 1, le concept central stipule qu'un voyageur possède un ensemble usuel d'options de déplacements, qu'il ou qu'elle est prêt(e) à effectuer sur une base quotidienne et qui rencontrent ses standards personnels en termes de confort et de la convenance physique et psychologique; cette "enveloppe normale" s'insère dans un ensemble d'options plus larges qui inclut celles que le voyageur pourrait concevoir utiliser mais qu'il ou qu'elle évite normalement. L'anneau extérieur marqué "potentiel" comprend les choix de déplacements faisables mais qui ne sont pas perçues par le voyageur comme des options.

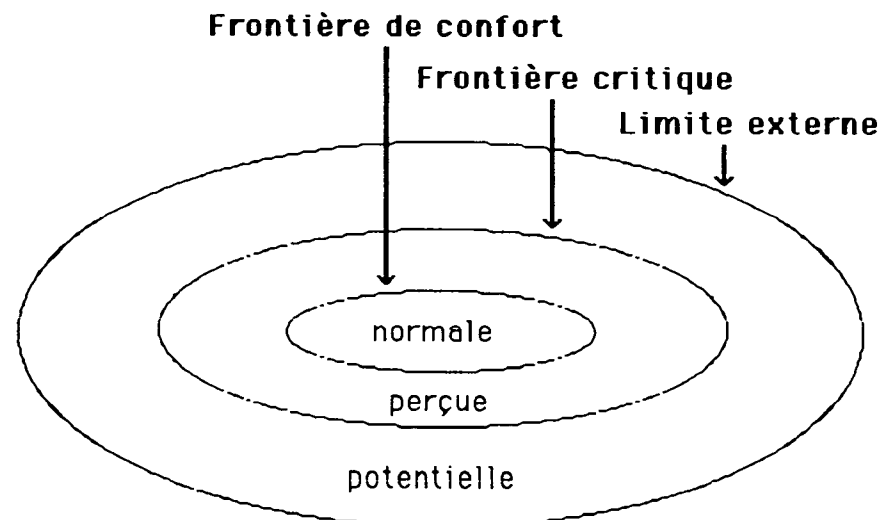


Figure 1: Le concept de l'enveloppe opérationnelle

Il existe une frontière perceptuelle aux limites "confortables" de l'enveloppe normale qui peut être observée à partir de l'ensemble des choix de déplacements d'un voyageur. Dans le contexte actuel, il peut être important de savoir jusqu'à quelle distance de cette frontière un répondant peut pousser son comportement de déplacement et sous quelles conditions cette frontière peut être temporairement traversée, assouplie ou repositionnée.

Le concept de l'enveloppe opérationnelle nous a aidé à organiser les observations que nous avons faites durant la dernière décennie au cours de plusieurs projets de recherches dans lesquels nous avons utilisé des méthodes d'entrevues en profondeur pour analyser la prise de décision des automobilistes. Nous retenons de ces travaux l'importance de distinguer le *cadre temporel* dans lequel sont prises les décisions d'acquisition et d'utilisation de l'automobile. Dans le but de pousser plus loin cette discussion, il est nécessaire de se familiariser avec les termes identifiants ces cadres temporels. Des changements dans la possession d'une voiture sont, bien sûr, des décisions à long terme, mais les décisions concernant son utilisation peuvent être observables sur un large

éventail d'échelles temporelles, aussi précises que de seconde en seconde si nous considérons les changements mineurs dans la tenue de conduite d'un véhicule. Rappelant que par "utilisation d'un véhicule" nous entendons les choix concernant les attributs des déplacements majeurs, nous définissons trois échelles temporelles de la façon suivante:

**En-route:** Ajustement d'un déplacement en temps réel (la vitesse, le parcours, les options de destinations)

**Tactique:** Les décisions pré-déplacements au jour-le-jour (l'heure de départ, le temps alloué pour le trajet, le mode, la charge, les choix de véhicules, les destinations discrétionnaires)

**Stratégique:** Les engagements à long terme affectant les attributs des déplacements majeurs (possession d'un véhicule, la localisation de la résidence, les destinations non-discrétionnaires comme les lieux d'emploi et d'éducation, les ententes de co-voiturage)

Dans le cadre du concept d'enveloppe opérationnelle, les frontières de l'enveloppe "normale" peuvent être assouplies ou traversées lorsqu'elles résultent de décisions en-route ou tactique, mais elles seront repositionnées dans le cas des décisions stratégiques.

Les décisions des automobilistes sont influencées, bien sûr, par plusieurs facteurs autres que les signaux de la tarification. Cependant, ce cadre conceptuel nous aide à identifier les hypothèses concernant le fonctionnement des différents types de signaux présentés à la section 2.1. Par exemple, dans la mesure où la tarification est dynamique, comme dans le cas des systèmes en temps réel, les automobilistes auront tendance à confronter plus souvent les frontières de confort, soit parce qu'ils payent plus cher pour effectuer les mêmes trajets ou soit parce qu'ils acceptent de changer les caractéristiques des trajets afin d'éviter de nouveaux déboursés. Ceci se traduit dans la stimulation de la recherche des possibilités, une idée à laquelle je reviendrai sous peu.

Le cadre conceptuel nous permet également de réfléchir sur l'interprétation de l'ensemble des signaux de tarification rencontrés par un automobiliste lors d'une saison de conduite. Il est intéressant et utile de modéliser les impacts d'une structure tarifaire sur un sous-réseau ou un équipement en particulier, mais comment les coûts monétaires totaux affectent-ils un segment particulier du marché? Ce qui est probablement plus important, est de savoir comment sont *perçus* l'ensemble des signaux de tarification, particulièrement lorsqu'il y a différents tarifs, certains offrant des récompenses immédiates à des situations locales (comme pour la réduction de la congestion), alors que d'autres internalisent des externalités cachées ou éloignées (comme le réchauffement global ou les précipitations acides).

### 3. LA CONCEPTION DES METHODES D'ENTREVUE IMPLIQUANT LA SIMULATION DES CHOIX EN FONCTION DE SCENARIOS DE TARIFICATION

Nos travaux sur la compréhension de l'ensemble des choix perçus par les automobilistes ont presque toujours eu recours aux entrevues en profondeur des foyers répondants à l'aide de simulations d'adaptations à de nouvelles situations,



comme par exemple dans le cas des crises énergétiques. En 1989, nous avons mené quelques expérimentations méthodologiques à l'Université d'Oxford afin d'explorer les capacités de ces méthodes à mesurer les effets cumulatifs de phénomènes tels que la tarification routière sur les patrons de choix de déplacements. Je vais d'abord décrire très brièvement ce genre de méthodes puis les expérimentations de 1989, y compris les principaux résultats.

### 3.1 Le jeu-simulation dans les entrevues sur l'utilisation de la voiture

Il y a eu plusieurs sondages à plus petite échelle dont l'objectif était de comprendre la volonté et la capacité des automobilistes à modifier leur utilisation de la voiture dans de nouvelles situations. Dans la plupart des cas, ces sondages constituaient une réponse à la crise du pétrole des années '70. Certains étaient des sondages relativement conventionnels de type opinion ou d'intentions déclarées (Stated Intention surveys), comme le sondage de 1975 du U.S. Federal Energy Administration intitulé "Automobile Use Patterns". D'autres ont essayé de mesurer des comportements inhérents aux pénuries (avec des sondages de type "Revealed Preference"). Un précieux sommaire de ces efforts se retrouve dans un rapport spécial du U.S. Transportation Research Board (1979).

Les approches les plus détaillées ont leurs origines dans les méthodes basées sur les programmes d'activités et requièrent la participation des répondants aux simulations. La plus connue de celles-ci est le "Household Activity and Travel Simulator (HATS)" utilisé depuis 1975 (voir Jones et al., 1983). Une entrevue est organisée autour de la présentation de l'information récente sur les déplacements et les activités enregistrées dans des carnets, et l'implantation rétroactive des nouvelles situations aux circonstances concrètes de la période de déplacements présentée. Dans le cas de HATS, ceci implique la présentation des activités d'un jour pour chaque membre du foyer. Ces méthodes du jeu-simulation basées sur les activités, ont inspiré une variété de procédures interactives de préférences déclarées qui ont de plus en plus recours aux graphiques et à l'enregistrement de données sur des micro-ordinateurs (par exemple, l'ensemble ATAQ décrit par Jones, Bradley et Ampt, 1989).

Certaines approches par le jeu ont été développées spécialement pour explorer les décisions concernant l'utilisation de l'automobile tel que le jeu REACT (New York Department of Transportation, 1979). Il a été établi que les décisions concernant l'utilisation de l'automobile, surtout dans un contexte de pénurie d'énergie, impliquent des compromis d'une journée à l'autre, ce qui a exigé dans nos travaux de retourner constamment aux détails de l'analyse des carnets de sept jours des foyers répondants. Ceci était vrai dans le cas d'une méthode intitulée "Car-Use Patterns Interview-Game (CUPIG)" utilisée dans deux sondages canadiens en 1984 et 1988 ayant pour objet les adaptations à une pénurie d'énergie (Lee-Gosselin, 1990) et présentement employée en Californie pour explorer les impacts potentiels de l'utilisation de véhicules électriques de court rayon dans les foyers.

La technique CUPIG était inspirée initialement par les techniques de "Priority Evaluator" (Hoinville, 1971). Il s'agit d'un exemple d'efforts pour combiner des données "dures" et "molles" dans l'espoir d'élucider les changements potentiels de l'utilisation de l'automobile, en même temps que les

contraintes associées identifiées par les répondants, au lieu de simplement regrouper les données afin de confirmer ou infirmer une idée *a priori* sur la flexibilité du comportement. En général, une telle approche était fortement endossée par l'une des très rares recherches méthodologique vouée à l'utilisation de l'automobile, elle-même faisant partie d'une plus large étude dans ce domaine (Dix et al., 1983).

### 3.2 L'expérimentation méthodologique de 1989

L'expérimentation menée à Oxford en 1989 a été conçue pour explorer l'utilisation d'entrevues de type CUPIG afin de mesurer les réponses des automobilistes aux changements liés à l'environnement changeant de la conduite, incluant la tarification, l'augmentation des pénalités monétaires pour les accidents et les infractions de même que l'augmentation des conditions de conduites stressantes. L'expérimentation couvrait les modifications du carnet de déplacements comme intrants à l'entrevue-jeu et les approches alternatives pour la simulation des changements potentiels (Lee-Gosselin, 1991).

Dans une phase initiale, quatre conducteurs ayant des niveaux très différents d'expérience de conduite et de conditions locales ont été filmés sur cassettes vidéo sur un parcours de 32 kilomètres dans la région d'Oxford; ce parcours couvre une grande variété de conditions de trafic et a déjà été utilisé dans une étude précédente sur la conduite et le stress à l'Université d'Oxford (Robertson, 1988). Après le parcours, ces quatre conducteurs ont subi une entrevue exploratoire utilisant les cassettes vidéos comme aide-mémoire. Pendant le parcours, différentes méthodes d'évaluation subjectives de conditions de conduite ont été mises à l'épreuve, dans le but de concevoir un carnet pouvant surveiller jusqu'à quel point les conducteurs se rapprochent de leur "limite de confort". Dans les entrevues exploratoires, trois points ont émergé de façon récurrente:

- (a) Les perceptions d'embêtement dans la circulation en temps réel étaient souvent liées aux incidents particuliers de la circulation plutôt qu'aux impressions généralisées de tronçons de route;
- (b) Les situations de conduite non désirables, surtout le délai, étaient perçues comme plus tolérables si elles étaient anticipées avant que l'automobiliste s'engage sur le tronçon problématique;
- (c) L'impact d'embêtement pour le conducteur semblait être cumulatif, mais il était très difficile de cerner les cadres temporels impliqués entre les catégories d'utilisation de l'automobile et entre les individus.

Le point (b) était particulièrement consistant parmi les quatre conducteurs et nous constatons que ceci est aussi consistant avec les résultats d'une grande étude de Stokols et al (1975) sur le stress des navetteurs-automobilistes. Comme l'implique le point (a), il était également important pour ces conducteurs de

distinguer entre les inconvénients inhérents aux conditions de conduite et les nuisances temporaires tels que les actes d'agressivité des autres conducteurs. Les inconvénients inhérents ont été vus principalement en termes de l'historique ou de la réputation d'un tronçon de route ou d'une région urbaine.

Dans la seconde phase des expériences à Oxford, nous avons essayé six développements différents de la méthode CUPIG dans les ménages qui font beaucoup de kilométrage par année. Les décisions sur l'utilisation des automobiles pendant sept jours (enregistrées dans les carnets) étaient tout d'abord discutées par rapport à l'historique des choix de déplacements des membres du foyer, ainsi que par rapport aux attentes pour les deux à cinq prochaines années. Par la suite, un scénario présentant de nouvelles conditions simulées a été introduit et ses conséquences sur les circonstances de la semaine mesurée étaient simulées. Ainsi par exemple, les déplacements qui comportaient des délais se voyaient attribuer un certain prix (équivalent au système de frais de Type II pour les congestions, discuté à la section 2.1) et les coûts journaliers et hebdomadaires étaient calculés et affichés de façon à stimuler une ré-évaluation des décisions prises au cours de la semaine enregistrée.

Ces prototypes d'entrevues nous ont sensibilisé davantage aux distinctions entre les décisions transitoires "en route" et les "mises à jour de l'histoire" -- la performance de certaines routes à certains moments de la journée -- entraînant des ajustements tactiques et éventuellement des changements stratégiques.

L'essentiel des résultats de ces expérimentations méthodologiques peut être exprimé sous la forme de deux concepts comportementaux. Premièrement, la frustration et la disposition des automobilistes à "acheter" des alternatives sont davantage reliés à leur désir de *prévision* à partir du système routier plutôt qu'avec le rendement du système lui-même (par exemple, la vitesse). Cette prévision correspond à une forte congruence entre la performance attendue (en fonction de l'histoire) et ce qui se produit vraiment. Deuxièmement, les automobilistes semblent souvent être conscient du *seuil journalier* de l'exposition à des conditions dysfonctionnelles de conduite au-delà desquelles ils vont initier des changements; de plus, il peut exister une dépendance entre des jours adjacents pour la sensibilité de ce seuil. En d'autres mots, les options à coût plus élevé deviennent intéressantes, non pas selon une fonction linéaire des avantages relatifs des diverses options, mais plutôt lorsque les choix faits ont pour conséquence que le quota quotidien d'embêtements tolérables a été utilisé ou est prévu être épuisé.

#### 4. PRINCIPAUX ENJEUX DANS LA SIMULATION DES CHOIX DES USAGERS PAR LA TARIFICATION

Nous avons vu que la tarification urbaine forme une partie d'un ensemble complexe de limites économiques à l'utilisation des véhicules et que la tarification elle-même peut offrir une large variété de signaux qui atteignent l'automobiliste via divers canaux. Le travail empirique réalisé avec des automobilistes suggère que dans les conditions urbaines congestionnées, la décision d'utiliser un équipement tarifié n'est généralement pas un simple compromis avec la valeur-du-temps, mais elle reflète un ensemble d'attributs désirés de l'utilisation d'une automobile parmi lesquels la prévisibilité est

probablement l'attribut dominant. Ces observations en retour représentent des jugements concernant comment l'utilisation d'une automobile peut le mieux faciliter les programmes d'activités, impliquant souvent des liens complexes avec les programmes d'autres personnes.

La recherche disponible a peu touché la complexité potentielle du rôle de la tarification dans les ensembles de choix des automobilistes. C'est avec beaucoup d'à propos que nous accordons actuellement le plus d'attention à l'étude des innovations sur la tarification urbaine à travers le monde et certaines de ces études sont présentées à ce colloque. Nous devrions aussi concevoir des simulations comportementales qui associeraient les cinq types de systèmes de tarification discutés à la section 2.1, à ce que nous savons de la prise de décision des individus. Avec ceci en tête, je conclus avec quatre groupes d'intuitions issues de nos études des conducteurs, qui sont importantes pour la conception de telles simulations.

##### 4.1 Limitations versus tarification

Nous avons observé qu'une intervention en tarification est évaluée par un automobiliste en relation avec l'ensemble des coûts de transport en automobile dont il fait l'expérience. Ce n'est pas cependant le seul signal qu'il reçoit sur les limitations de l'automobile. Certaines formes de limitations absolues sont imposées par les règlements de circulation tels que les accès interdits à certaines zones ou rues, ou par les restrictions de type "couvre-feu" appliquées aux jeunes conducteurs de certaines régions des États-Unis. De plus, évidemment, plusieurs règlements de circulation limitent la vitesse de déplacement ou l'offre d'espace de route ou de stationnement, ce qui augmente le coût en temps du déplacement automobile sans que des frais soient perçus.

D'un point de vue comportemental, les contraintes réglementaires et la tarification doivent être considérées comme un tout. Je crois que les nouveaux signaux de tarification sont tout d'abord évalués en relation avec d'autres signaux de tarifications déjà acceptés comme faisant partie de l'"enveloppe opératoire" normale. Toutefois, à un certain moment, l'utilisateur de l'automobile peut conclure que la somme des limitations (incluant la nouvelle tarification) auxquelles il est soumis n'est plus "confortable". Un bon nombre d'études longitudinales ont démontré qu'il y a beaucoup d'inertie dans les habitudes de déplacement, de telle sorte que cet inconfort peut durer plus longtemps que considérerait raisonnable une vision rationnelle de l'utilité (voir par exemple Goodwin, 1986).

Une simulation doit engendrer ces deux types d'évaluation: l'augmentation de l'acceptabilité d'une mesure de tarification et le degré de confort avec l'ensemble des restrictions à l'automobile que connaît l'automobiliste, incluant cette mesure.

##### 4.2 Composer avec l'échelle de temps des décisions

Bien des théories comportementales sur la réponse aux systèmes tels que la tarification focalisent sur la nature, la quantité et la fréquence des feedback. Par exemple, en général, on s'attendrait à ce qu'une transformation de coûts fixes (Classe I) et coûts variables (Classe II à V) influencerait davantage l'utilisation de

l'automobile, parce que le feedback est alors fréquent et possiblement directement relié à une politique désincitative.

Du point de vue de l'automobiliste, peu de situations sont aussi claires que cela. Généralement, il est pris pour acquis qu'une partie du feedback dans un système de tarification est un avantage évident résultant des frais, tels qu'un temps de déplacement plus rapide. Ceci est vrai dans des situations simples mais il est possible que les automobilistes ne *perçoivent* pas le degré auquel un tarif peut créer une condition pour laquelle (selon le paradoxe de Knight) personne n'est en pire situation, mais le total des ressources consommées est moindre. Avec la tarification pour toute une zone, les avantages peuvent être essentiellement invisibles. Les avantages d'une consommation moindre en termes de qualité environnementale locale ou globale sont aussi très éloignés comme nous l'avons noté plus haut. De plus, comme nous l'avons décrit à la section 2.1, les mécanismes de paiement varient en fréquence, en visibilité et en confidentialité.

Il y a ici un enjeu clé pour la conception d'un jeu-simulation: il est facile d'imposer *a posteriori* des frais pour certains déplacements enregistrés pendant une période de carnet, mais il est très difficile de simuler les changements dans le service pouvant être engendrés par la tarification. Pour les frais de Classe II (quantité d'utilisation) de même que pour certains frais non différenciés de localisation (Classe III), il est raisonnable d'explorer la réponse en calculant et en présentant au répondant le nouveau coût d'utilisation de l'automobile pendant la période du carnet, sans essayer de simuler les changements de service (ce que nous avons essayé en 1989). Cette approche n'est toutefois pas pertinente pour les surcharges de congestion des classes IV et V.

Fondamentalement, ceci est un problème d'échelle de temps. La réponse immédiate aux systèmes en temps réel implique une boucle de feedback qui est trop courte pour une entrevue-simulation basée sur les comportements enregistrés de l'automobiliste. De tels systèmes peuvent être envisagés pour des études en laboratoire de choix de route et de temps sur des réseaux simplifiés (par exemple, Mahmassani et Tong, 1991) ou éventuellement la surveillance et l'optimisation du contrôle dynamique de réseaux réels. Toutefois, ce qui peut être négligé c'est le rôle de l'expérience cumulée de l'individu.

Un nouveau système de tarification ou encore des changements dans le profil des tarifs présentés par un système en temps réel peut stimuler des comportements de recherche parmi les possibilités extérieures à l'"enveloppe opérationnelle". Si nos inférences issues des expériences sont correctes quant à la prévisibilité et à la tolérance journalière des conditions de conduite dysfonctionnelles, la réponse du conducteur à des changements importants de tarification peut être d'accumuler de l'expérience pendant une période de plusieurs jours ou semaines, jusqu'à ce que les autres possibilités perçues deviennent connues et "confortables". Ce processus ne peut pas être simulé facilement au cours d'une entrevue ni en laboratoire, de façon à tenir compte de façon adéquate des effets de ces autres possibilités sur les ensembles d'activités. Si nous voulons comprendre ce processus, il nous faudra *enregistrer* le comportement de recherche de possibilités en s'organisant pour que les carnets soient utilisés pendant une période d'introduction d'un système de tarification ou de sa modification. Nous serions alors capable de concevoir un autre type de

simulation: une simulation où la structure de tarification pourrait être manipulée rétroactivement de façon à explorer les compromis impliqués dans la décision des possibilités qui dépassent ce qui serait confortable sur une base journalière. Toutefois, il est possible qu'une semaine de données ne soit pas suffisante et de nouvelles formes de carnets peuvent émerger pour enregistrer des journées inhabituelles de déplacements pendant une période plus longue. Une solution partielle peut aussi être trouvée dans les équipements d'enregistrement automatique des déplacements à faible coût (Taylor, 1991).

#### 4.3 De la simulation aux nouveaux mécanismes de tarification

Mon prochain commentaire provient d'un nombre important d'entrevues en profondeur dans lesquelles les répondants ont proposé ou ont provoqué des politiques alternatives ou d'autres technologies (ou même des méthodes d'enquête). Le jeu-simulation est utile pour générer des possibilités de même que les tester. La structure du jeu peut elle-même être source d'inspiration. Un exemple peut être l'exploration du mécanisme d'allocation du budget. Dans les CUPIGs de pénurie d'énergie, un budget réduit d'essence était alloué et engendrait des modifications de trajets automobiles ou leur élimination. Il a été suggéré comme technique de réduction du nombre de déplacements que le stationnement de l'employé pourrait être alloué de façon à ce que chaque employé dispose d'un certain nombre d'heures de stationnement par semaine, inférieur à ce qui est nécessaire pour stationner toute la journée chaque jour, et que les heures supplémentaires requises soient facturées à un taux élevé. Un tel système nécessite des décisions tactiques et il peut impliquer des décisions stratégiques. Les procédures de jeu-simulation pourraient élaborer et tester l'optimisation de telles mesures.

#### 4.4 La sélection de l'échantillon

Le jeu-simulation est une méthodologie coûteuse utilisant un petit échantillon; nous avons donc besoin de moyens efficaces pour échantillonner les utilisateurs d'automobiles pour qui la question de la tarification urbaine est très pertinente. Les regroupements socio-économiques et démographiques usuels dans l'échantillonnage ne sont pas adéquats pour distinguer les groupes pertinents parmi la grande majorité des personnes vivant dans ou près des zones urbaines. Lorsque les diverses catégories de tarification seront plus étendues, il sera plus efficace d'utiliser des échantillons d'utilisateurs d'équipements pour couvrir ces diverses catégories, une à une ou en combinaison. D'ici là, l'approche la plus prometteuse est la classification des automobilistes selon les caractéristiques de leur utilisation.

Au cours des deux dernières années, nous avons complété dans le cadre de l'un de nos projets sur la mobilité automobile, des analyses détaillées de l'ensemble des déplacements automobiles documentés par les carnets de déplacements de sept jours, recueillis pour le UK National Travel Surveys de 1978/79 et 1985/86 (Lee-Gosselin et Scholefield, 1991). En utilisant des définitions *a priori*, nous avons classifié les détenteurs de permis de conduire selon leurs positions sur trois dimensions: la complexité de l'ensemble de leurs déplacements, la variabilité quotidienne du temps de conduite et leur implication au cours de la semaine de travail dans des conditions stressantes

telles que la conduite pendant les heures de pointe. La proportion de conducteurs que l'on retrouve dans chaque classe était très semblable dans chaque enquête à l'exception du fait que la proportion démontrant des combinaisons à forte complexité, variabilité ou encore stress était moindre dans l'enquête de 1985/86. Ceci peut indiquer une aversion grandissante aux conditions de conduite généralement congestionnées en Angleterre. Si le phénomène était prouvé, il serait désirable de comparer ceux qui ont adapté leur usage de l'automobile de façon à éviter la congestion à ceux qui ne l'ont pas fait; ceci nous indique qu'un résumé de l'histoire sur plusieurs années peut être une façon efficace de sélectionner les répondants. Le travail se continue sur le projet du Royaume Uni afin de raffiner les segments d'utilisateurs et d'identifier des façons de les identifier sans disposer d'un dossier complet de sept jours de déplacements.

## 5. CONCLUSION

J'ai tenté de montrer que la simulation des choix de l'utilisateur dans des conditions de tarification est plus complexe que la modélisation de la demande pour un sous-réseau ou un équipement. Les limitations sur les automobilistes ont diverses formes et plusieurs d'entre elles n'ont rien à voir avec le prélèvement de frais pour des équipements particuliers ou des heures de pointe. Les avantages du paiement des frais d'utilisation de la route sont parfois éloignés, spécialement les avantages environnementaux associés à une consommation réduite, et puisque plus d'attention est accordée à l'attribution de signaux clairs de tarification, il est probable que les tarifs fixes seront transformés de plus en plus en tarifs variables plus facilement compréhensibles, comme les taxes sur l'essence.

La clé à une simulation efficace dans le cadre d'une entrevue basée sur un jeu est de fournir un cadre de référence réaliste pour la recherche de comportements, permettant les impacts marginaux et cumulés de la tarification. La simulation des réponses à des frais prédéterminés basés sur le temps ou la distance parcourue, ou encore sur l'utilisation des équipements en période de pointe, est possible étant donné les capacités des méthodes actuelles d'enquête. Toutefois, plus le système de tarification est simulé de façon dynamique, plus sont importantes les dernières décisions prises séparément, et plus grand est le besoin d'enrichir la description des comportements récents inscrits par le répondant dans des carnets d'activités et sur la base desquels la simulation est construite.

Si nous voulons comprendre les impacts cumulés des restrictions à l'automobile, incluant la tarification, nous devons être prêts à appliquer des méthodes basées sur les activités au cours de périodes de temps plus longues que sept jours. Ceci veut dire que des données sur les activités doivent être recueillies de façon intermittente au cours de périodes plus longues que celles généralement utilisées. Heureusement la technologie informatique et les enregistrements automatiques de déplacements font entrer cette exigence dans le domaine des méthodologies d'enquête pratiques et possibles.

## RÉFÉRENCES

- Dix, M.C., Carpenter, S.M., Clarke, M.I., Pollard, H.R.T, and Spencer, M.B. (1983): "Car use: a social and economic study". Oxford Studies in Transport, Gower, Aldershot, UK.
- Goodwin, P.B. (1986): "A panel analysis of changes in car ownership and bus use". *Traffic Engineering + Control*, UK., October.
- Hoinville, G (1971): "The use of gaming procedures in evaluating community preferences". In: "Feedback on instructional simulation systems", edited by R.H.R. Armstrong and J.L. Taylor, Cambridge Institute of Education.
- Jones, P.M., Dix, M.C., Clarke M.I. and Heggie, I. (1983): "Understanding Travel Behaviour". Oxford Studies in Transport, Gower, Aldershot, UK.
- Jones, P.M., Bradley, M. and Ampt, E.(1989): "Forecasting household response to policy measures using computerized, activity-based stated preference techniques. In International Association for Travel Behaviour (Ed): Travel Behaviour Research. Gower, Aldershot, UK.
- Jones, P.M. (1991): "Gaining public support for road pricing through a package approach". *Traffic Engineering + Control*, April 1991.
- Lee-Gosselin, M.E.H., Mahmassani, H.S., and Hanson, S. (1989): "Operating envelopes as a heuristic for understanding travel choice". Presentation to Transportation research Board, 68th Annual Meeting, Washington D.C.
- Lee-Gosselin, M.E.H. (1990): "The dynamics of car-use patterns under different scenarios: a gaming approach", in Jones, P.M. (ed): "Transport research: new developments in dynamic and activity-based approaches", Gower Press, Aldershot, UK.
- Lee-Gosselin, M.E.H. (1991): "Future patterns of car-use given changing traffic conditions, controls and technology: an exploration of survey needs". Proceedings of the 3rd International Conference on Survey Methods in Transport (in press).
- Lee-Gosselin, M.E.H., with Scholefield, G.P. (1991): "Classification of car-use patterns". International study of car-use: Report 2 to Transportation Development Centre, Transport Canada.
- Mahmassani, H. and Tong, C.-C. (1991): "Alternative model structures for the day-to-day dynamics of departure time and route choice decisions in commuting systems" 6th International Conference on Travel Behaviour, Quebec, Canada.
- Mogridge, M.J.H. (1990): "Travel in towns: jam yesterday, jam today, jam tomorrow". Macmillan, London.
- NY State Dept. of Transportation (1979): "REACT - Response to Energy and Activity Constraints on Travel". Preliminary Research Report, Albany, USA,
- Taylor, G.W.R. (1991): "Autologger: a long duration vehicle use data collection system". 6th International Conference on Travel Behaviour, Quebec, Canada.

Transportation Research Board (1979): "Transportation energy contingency planning". *TRB Special Report 191*, Washington D.C.

U.K. Department of Transport, Scottish Development Department and the Welsh Office (1977): "Transport policy". White Paper, Her Majesty's Stationery Office, London.

Stokols, D., Novaco, R.W, Stokols, J. and Campbell, J. (1978): "Traffic congestion, Type "A" behaviour, and stress". *Journal of Applied Psychology*, Vol.63, No. 4.

Vickrey, W. (1979): "Pricing in the planning of transportation facilities". *Transportation Research Record 731*, Washington D.C.

## REMERCIEMENTS

La majorité des recherches discutées ont été menées au Transport Studies Group de University College London et au Transport Studies Unit de l'Université de Oxford grâce à un Visiting Research Fellowship de UK Science and Engineering Research Council, et au financement additionnel offert par le Centre de Développement des Transports du Département des transports du gouvernement du Canada. L'assistance de Marc Larin du Groupe de Recherche Interdisciplinaire Mobilité Et Sécurité (GRIMES) de l'Université Laval a été grandement appréciée dans l'édition de cet article. Le contenu de cet article est sous la seule responsabilité de l'auteur.

## ELEMENTS METHODOLOGIQUES SUR LES METHODES D'ANALYSE DES COMPORTEMENTS FACE AU PEAGE

Francis Leblanc, Directeur d'Etudes,  
Centre d'Etudes des Transports URbains, Paris

### 1. OBJECTIFS

Face à l'augmentation du trafic urbain et de la congestion, le péage apparaît, sur le plan théorique, comme un outil de régulation dont les justifications économiques sont claires:

- comme outil de financement d'infrastructure d'abord, le péage permet d'imputer aux utilisateurs le coût direct d'aménagement,
- comme outil de "taxation optimale", il permet de sensibiliser l'usager aux pertes de bien-être qu'il cause aux autres usagers (ou résidents) par l'augmentation du trafic et donc de la congestion.

Si les principes sont clairs, la mise en application et le calcul des prix optimaux exige une connaissance plus précise des "fonctions de demande" des utilisateurs de l'espace public. Or, ces fonctions de demande dépendent des comportements individuels et en particulier de la valeur que les usagers accordent au temps de déplacement en fonction des motifs. Il est vraisemblable que ces valeurs sont variables d'un individu à l'autre.

La question essentielle est alors de savoir s'il existe, malgré cette variabilité, des stabilités permettant de "prédire" ces comportements individuels en fonction de caractéristiques observables.

L'objectif principal des travaux mis en oeuvre et décrits ici consiste justement à identifier et tester les variables qui présentent un caractère prédictif sur les comportements individuels. Afin d'atteindre cet objectif, il est nécessaire de disposer d'observations de comportements aussi variés que possible du point de vue des décisions individuelles d'une part, des motifs de déplacement d'autre part, et enfin des caractéristiques individuelles.

En l'absence de site réel équipé de péage urbain en France, la méthode des préférences déclarées, consistant à mettre les individus en situation, a été adoptée. Son inconvénient est bien sûr son caractère irréal: une décision prise a priori, sans expérience concrète, ne tient pas compte de l'effet d'apprentissage (qui peut jouer d'ailleurs dans un sens ou dans l'autre).

La stabilité statistique que l'on cherche à mettre en évidence est celle qui relie la décision à l'univers de choix dans lequel elle se situe. Il est donc nécessaire de fournir a priori un "modèle" schématisant le raisonnement de chaque individu devant le choix. Le modèle doit résumer l'arbitrage que doit faire chaque individu entre les différents coûts et gains associés à chaque option.



Il s'agit donc de formaliser la "fonction d'utilité" individuelle qui préside à l'arbitrage. Cette fonction d'utilité donne, pour chaque option, une évaluation quantitative qui combine les différents critères entrant en ligne de compte. C'est la comparaison des différents résultats qui permet, à chaque individu, de faire le choix optimal.

Une fois défini le modèle de décision, l'estimation proprement dite des paramètres de ce modèle fait appel à des outils statistiques particuliers.

- Une statistique descriptive permet de mettre en évidence (au moins qualitativement) l'effet de certaines caractéristiques sur les choix individuels;

- L'économétrie permet ensuite de fournir des estimations des principaux paramètres du modèle de décision, et d'estimer la significativité de certaines variables sur le comportement individuel.

Le modèle économétrique utilisé est le modèle LOGIT. Il est décrit au chapitre 3.

## 2. MISE EN PLACE DES PROCEDURES DE RECUEIL D'INFORMATION

### 2.1. Choix des sites et des expériences

Deux sites d'expérience ont été choisis : MARSEILLE<sup>1</sup> et GRENOBLE<sup>2</sup>. Ce choix résulte du fait que dans ces deux villes existait un projet d'infrastructure à péage bien identifié, ce qui, a priori, facilite la compréhension du problème pour les personnes interrogées. Deux expériences distinctes ont été envisagées sur chaque site:

La première concerne le péage d'un tunnel sous le centre-ville. L'arbitrage proposé consiste donc à valoriser des gains de temps sur des parcours origine-destination.

La seconde concerne le péage d'accès à une zone bien identifiée. Le péage est assimilé à un droit d'entrée: il y a arbitrage entre le consentement à payer pour un déplacement et son coût.

### 2.2 Mise au point du questionnaire

Le recueil d'information est fondé sur la méthode des préférences déclarées: il s'agit de mettre les automobilistes en situation et de leur faire décrire leur comportement. Dans cette optique, un questionnaire en 3 parties a été élaboré.

<sup>1</sup> MARSEILLE est une ville du sud de la France de 1 100 000 habitants équipée d'un réseau de métro

<sup>2</sup> GRENOBLE est une ville du sud de la France de 400 000 habitants équipée d'un réseau de tramway.

### 2.2.1 Données socio-économiques et habitudes de déplacement

La première partie vise à recueillir des informations objectives caractérisant la personne interrogée en terme de profil socio-économique et en terme de comportement et d'habitude de déplacement. Il s'agit de repérer la mobilité et les contraintes associées au mode, aux horaires et aux itinéraires des déplacements.

Ces renseignements ont un double usage au niveau des traitements statistiques: d'une part ils servent de données de cadrage permettant de vérifier la cohérence de notre échantillon par rapport aux données INSEE et aux résultats. D'autre part, ils constituent une réserve de caractéristiques individuelles où il faudra puiser les variables explicatives les plus aptes à décrire la fonction de demande individuelle que nous cherchons à identifier et à mesurer.

### 2.2.2 Attitude déclarée face à un péage d'infrastructure

La seconde partie du questionnaire recueille les préférences déclarées face à un signal de prix pour l'usager d'une infrastructure urbaine de transit. Ces attitudes sont saisies au travers du classement de diverses options dans l'ordre des préférences. Ces options proposent des combinaisons de mode, d'itinéraire et de prix associant des gains de temps. Le caractère irréal de l'expérience est corrigé au maximum en demandant aux personnes interrogées d'effectuer leur classement en référence à un déplacement concret qu'ils effectuent actuellement. Chaque classement est donc effectué dans le cadre d'un déplacement particulier dont on a identifié le motif, le mode, la fréquence et les contraintes horaires associées.

Des cartes servent de support à la description des options. Chaque option est décrite par 5 composantes précisant le mode de transport utilisé, l'itinéraire emprunté, l'état de la circulation, le prix du péage et le temps gagné ou une fourchette de gain de temps que l'on peut espérer obtenir en choisissant un itinéraire plutôt qu'un autre. Cette fourchette de temps gagné visait à enrichir la notion de gain de temps d'une notion d'assurance de gain de temps. En effet, peut être que l'idée de pouvoir prévoir avec un minimum d'assurance le temps des déplacements importe autant ou plus que le gain de temps lui-même.

Les combinaisons prix-gains de temps proposées doivent être constituées de manière à ce que leur classement ne soit pas trivial. Evidemment, il ne s'agit pas de demander qui préfère gagner 5 mn en payant 10 F plutôt que de gagner 10 mn en payant 5 F.

En faisant l'hypothèse que les préférences des individus sont croissantes avec le temps et décroissantes avec le prix (c'est-à-dire que tous le monde préférera la deuxième proposition dans l'exemple ci-dessus), on peut réduire le nombre de couples temps-prix au minimum nécessaire à la discrimination d'un jeu donné de valeurs du temps.

Ces valeurs du temps sont en fait les pentes de courbes d'indifférence dans le plan (temps-prix). Ces courbes d'indifférence relient les combinaisons temps-prix que l'individu juge équivalentes, c'est-à-dire pour lesquelles il estime retirer le même niveau de satisfaction. La pente de cette même courbe

indique le consentement à payer de l'individu. Il s'agit donc de sélectionner sur le plan délimité les axes (prix, gain de temps), le minimum de points permettant de discriminer le maximum de pentes de droite.

Les écarts sont mesurés par rapport à une origine qu'il ne faut pas oublier d'introduire; ceci par le biais d'une carte décrivant la situation antérieure à l'infrastructure et donc proposant un prix nul pour un gain de temps nul.

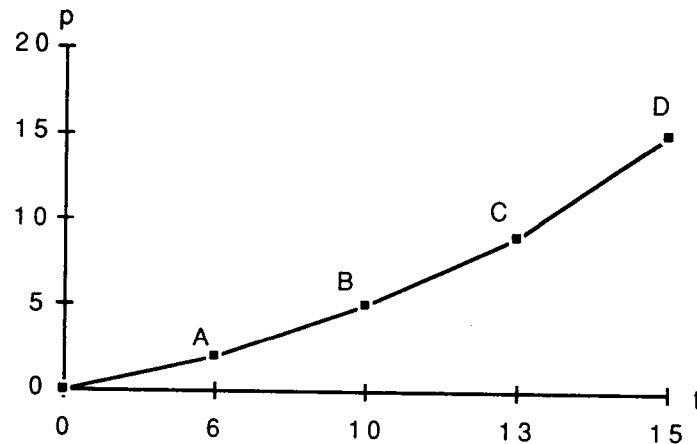


Figure 1 Courbe péage - gains de temps

Enfin, il est utile d'introduire une carte proposant une option "repoussoir" au sens de nos hypothèses, c'est-à-dire associant un gain de temps nul à un prix non négligeable. Ceci pour 2 raisons d'ordre différent: d'une part, du point de vue du traitement économétrique cette carte, destinée à être classée en dernier, revient à contraindre le modèle à des valeurs de temps positives. D'autre part, du point de vue de la validation des questionnaires, la présence d'une telle carte en dernière position permet très simplement et rapidement de vérifier que le classement a bien été effectué après lecture des options proposées. Cette carte permet donc de contrôler la rationalité des résultats du classement tant au niveau du traitement qu'au niveau de la collecte des données.

### 2.2.3 Attitude déclarée face à un péage d'accès

La troisième partie du questionnaire vise par la même méthode que précédemment à évaluer le consentement à payer pour un péage d'accès sur zone.

L'objectif est un peu différent puisqu'il ne s'agit plus de lier strictement gain de temps et prix mais plutôt de voir à quel niveau-seuil intervient une modification de comportement face au signal de prix. Dans ce cadre, des cartes proposant des alternatives au péage doivent être rédigées avec soin. Il s'agit de voir à quelle place du classement ces alternatives interviennent, c'est-à-dire pour quel niveau de prix les conditions de circulation peuvent être modifiées et quelles sont alors les alternatives choisies en termes d'habitudes de déplacement

(mode, fréquence, horaires)

### 2.3. Méthode d'échantillonnage

L'enquête expérimentale s'est déroulée de la manière suivante:

- Sondage au 1,25 pour 1000 de la population motorisée de l'unité urbaine considérée.

- Échantillonnage sur quotas avec stratification sur le quartier de résidence. Les questionnaires ont donc été répartis par zone au prorata de la population motorisée y résidant. Les quotas par sexe, âge et catégorie socioprofessionnelle ont été établis pour l'ensemble de l'agglomération. Les données utiles à l'échantillonnage sont issues de l'Enquête Ménage<sup>3</sup> effectuée par le CETUR et les agences d'urbanisme concernées et des résultats du recensement de la population publiés par l'INSEE.

Un échantillon représentatif de l'ensemble des individus motorisés s'est avéré adéquat. Tous les individus d'une agglomération sont concernés par une infrastructure au centre-ville car tous sont amenés soit à s'y rendre, soit à le traverser.

On peut cependant imaginer des infrastructures urbaines ne concernant que certaines catégories de la population de la ville. Ainsi, une infrastructure mettant en relations des parties limitées à l'intérieur d'une ville et constituant des zones de spécialisation résidentielles ou d'activités économiques caractérisées par des échanges spécifiques devra être appréhendée à travers un échantillon stratifié selon les origines-destinations concernées. Enfin, quelle que soit la méthode retenue, la stratification doit être géographique. Il faut constituer des zonages pour pouvoir recadrer et recouper les résultats.

### 2.4. Méthode et déroulement de l'enquête

- Interviews en face à face, au domicile, conduites par des enquêteurs professionnels.

- Questionnaire de 12 pages nécessitant 30 à 35 minutes d'entretien en moyenne

La préparation des enquêteurs est essentielle à l'obtention de résultats valables. En effet, les deux dernières parties du questionnaire décrit précédemment comportent quelques difficultés. Elles demandent une bonne compréhension de la logique sous-jacente pour être soumises correctement par un enquêteur qui doit en même temps rester absolument neutre. De plus, l'interviewé est appelé à réfléchir, à choisir donc à accepter "le jeu".

Ces éléments expliquent le temps pris pour remplir un questionnaire. Environ la moitié du temps est consacrée à la constitution des classements. Il faut

<sup>3</sup>Une enquête ménage est une enquête par sondage dans une agglomération destinée à recueillir les caractéristiques des ménages et les déplacements qu'effectuent les membres de ces ménages dans une journée (la veille du jour d'enquête). Chaque année 3 ou 4 de ces enquêtes sont effectuées.



noter que le temps de recherche d'un interlocuteur adapté est également rallongé du fait de la disponibilité et de l'attention demandée.

Enfin, le travail de vérification de cohérence et de contrôle doit être extrêmement soigné. A titre indicatif, chacun des terrains effectués (à Marseille puis à Grenoble) a produit son lot frauduleux, et certaines réponses ont dû être, après coup, complétées par téléphone. Un terrain délicat et long donc pour lequel il faut prévoir un suivi permanent.

### 3. ANALYSE ET TRAITEMENTS

#### 3.1. Cohérence des données

Avant d'analyser en profondeur les comportements déclarés, il convient de s'assurer de la bonne compréhension du questionnaire de la part des personnes interrogées.

Deux remarques importantes s'imposent ici:

La première concerne la tentative d'analyse des comportements face à l'incertitude sur le temps gagné. Parmi les options présentées aux personnes interrogées, certaines faisaient état d'un gain de temps non certain schématisé par une fourchette. On s'attend, conformément à une hypothèse d'aversion pour le risque, à voir ces options classées derrière celles faisant état d'un temps gagné certain égal à la valeur centrale de la fourchette. Or, dans le cas de Marseille, ces options sont souvent classées devant les options à gain de temps certain. On peut trouver plusieurs justifications différentes (entre lesquelles on ne peut malheureusement pas trancher), à ce type de comportement.

La première serait de conclure à un comportement "joueur" de la part des automobilistes marseillais.

La seconde tient au caractère trop schématique de la présentation de l'aléa. Il était implicite, dans le raisonnement qui a présidé l'élaboration des options, que l'on proposait pour un prix donné, un arbitrage entre une option à temps gagné certain  $t$  et une option dans laquelle le temps gagné pouvait varier entre  $t - d$  et  $t + d$ . Or dans le cas où la valeur individuelle du temps gagné croît avec le temps gagné le comportement consistant à préférer l'option aléatoire est rationnel sans pour autant traduire une préférence pour le risque. Cette situation constitue un "paradoxe" relativement fréquent lorsqu'on veut formaliser l'attitude devant le risque.

La troisième tient aux probabilités implicites accordées aux temps présentés comme aléatoires: un individu peut se dire qu'il fera en sorte d'utiliser l'infrastructure lorsque le temps gagné sera maximal. Autrement dit la probabilité (individuelle) attachée à la valeur maximale du temps est nettement plus forte que celle attachée à la plus faible des valeurs de temps gagné.

La seconde remarque générale tient à la compréhension du problème du péage d'accès sur zone. Deux états de trafic dans la zone concernée étaient possibles: un état fluide et un état dense. Bon nombre d'individus ont émis une

préférence a priori paradoxale: accepter de payer lorsque le trafic est dense et refuser de lorsqu'il est fluide.

Là aussi plusieurs interprétations sont possibles:

La première consiste à interpréter la réponse non comme un comportement mais comme une opinion normative: il est inutile de faire payer l'accès si le trafic est fluide. L'état du trafic est compris comme l'état initial avant installation du péage.

La seconde tient éventuellement au phénomène d'encombrement intermodal: si le trafic est fluide il devient plus intéressant d'utiliser les TC de surface.

Ces premières remarques étant faites, les traitements présentés dans la suite visent à décrire et comprendre les attitudes cohérentes en mettant de côté les aspects paradoxaux précédents.

#### 3.2. Statistique descriptive

##### 3.2.1. Le péage d'infrastructure

L'analyse s'est concentrée sur les préférences déclarées sur le sous-ensemble d'options où le temps gagné est certain.

##### 3.2.1.1. Généralités

Rappelons la forme générale de "la courbe tarifaire" présentée. Celle-ci est une courbe croissante convexe du plan (temps gagné, prix payé) (voir figure 1). Notons cette courbe  $p = f(t)$ . Evidemment seul un nombre fini de points de cette courbe sont représentés sur les options soumises à classement. Sans perte de généralité, on peut représenter l'ordre de classement des points de la courbe tarifaire par une fonction d'utilité individuelle  $u$ . Le point A de la courbe est préféré au point B si  $u(A) > u(B)$ .

La fonction d'utilité individuelle  $u$  est a priori une fonction des deux variables  $(t, p)$  croissante en  $t$  et décroissante en  $p$ . En restreignant le domaine de variation des points  $(t, p)$  à la courbe tarifaire on peut définir une fonction  $v$  d'une seule variable définie par  $v(t) = u(t, f(t))$ . La discussion peut alors se restreindre à l'étude de la fonction  $v$ , un certain nombre de propriétés de  $v$  sont intéressantes.

a) si  $v$  unimodale elle présente un maximum: si  $\bar{t}$  est le mode:

$$t_1 < t_2 < \bar{t} < t_3 < t_4 : v(t_1, f(t_1)) < v(t_2, f(t_2)) < v(\bar{t}, f(\bar{t}))$$

et

$$v(t_4, f(t_4)) < v(t_3, f(t_3)) < v(\bar{t}, f(\bar{t}))$$

Il est facile de voir alors que la valeur du temps marginale  $m$  (consentement à payer pour gagner 1 minute) vérifie la propriété suivante:

$$t < \bar{t} \quad m < f'(t)$$

$$t = \bar{t} \quad m = f'(t)$$

$$t > \bar{t} \quad m > f'(t)$$

Remarquons que si  $u$  est convexe (la valeur du temps marginale est constante ou décroissante avec le temps) alors l'unimodalité est vérifiée.

b)  $v$  comporte plusieurs maximums

Dans ce cas, on peut conclure avec certitude à la présence de seuils dans les valeurs du temps individuelles. Si  $t_1$  et  $t_2$  sont les deux maximums alors il existe une valeur de  $t$  entre  $t_1$  et  $t_2$  telle que pour des gains de temps inférieurs à  $t$  la valeur du temps est faible ( $< f'(t)$ ) et pour des temps supérieurs à  $t$  la valeur de temps est forte ( $> f'(t)$ ). Sur le schéma suivant on représente les variations de la valeur marginale du temps. Le seuil se traduit par une courbe en S.

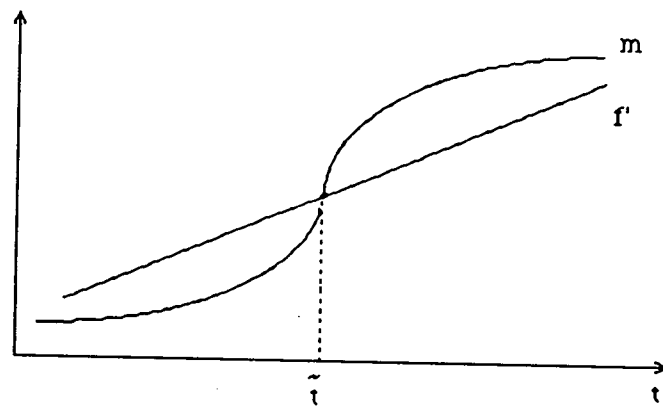


Figure 2 Valeurs marginales du temps

	TEMPS (mn)	PRIX F
O	0	0
A	6	2
B	10	5
C	13	9
D	15	15

MARSEILLE

	TEMPS (mn)	PRIX F
	-	-
A	6	2
B	10	5
C	13	9
D	15	15

GRENOBLE

Tableau 1 Couples péages - gains de temps utilisés

. 70% des individus interrogés satisfont à la propriété d'unimodalité pour Marseille, 74% pour Grenoble.

. 12% des individus interrogés présentent des préférences "bi-modales" pour Marseille, 14% pour Grenoble.

Sur Grenoble (à titre d'exemple) la répartition des individus à préférence bi-modale est la suivante:

Modes en A et C 42%  $t < 10$  mn  $m < 45$  F/heure

$t > 10$  mn  $m > 78$  F/heure

Modes en A et D 25%  $t < 10$  mn  $m < 45$  F/heure

$t > 10$  mn  $m > 120$  F/heure

Modes en B et D 17%  $t < 13$  mn  $m < 78$  F/heure

$t > 13$  mn  $m > 180$  F/heure

Plus du quart des individus interrogés ont des valeurs marginales du temps présentant un seuil. Cette proportion est relativement stable d'une expérience sur l'autre.

### 3.2.1.2. Hypothèses de linéarité

L'hypothèse de linéarité consiste à supposer que  $u(t, p)$  est de la forme  $\max(o, at - p)$ .

Si  $n$  est le nombre de points de la courbe tarifaire, seul un petit nombre de classements parmi les  $n!$  répondent à cette hypothèse.

	MARSEILLE	GRENOBLE	VALEUR DU TEMPS $f/h$
A > B > C > D	51,1 %	57,4 %	$< 45$
B > A > C > D	5,6 %	7,9 %	$45 < a < 60$
B > C > A > D	2,3 %	2 %	$60 < a < 80$
C > B > A > D	2,3 %	0,6 %	$80 < a < 90$
C > B > D > A	0,4 %	0,6 %	$90 < a < 120$
C > D > B > A	1,8 %	1,1 %	$120 < a < 180$
D > C > B > A	3,2 %	5,1 %	$> 180$
ENSEMBLE	66,8 %	75 %	

Tableau 2 Distributions des valeurs du temps issues des classements

Les deux distributions enregistrées sont très similaires. Il est à noter qu'un individu sur deux a une faible valeur du temps.

### 3.2.2. Le péage d'accès sur zone

La dernière partie du questionnaire traite du péage d'accès sur zone.

Il s'agit de mesurer l'impact d'une telle mesure sur la "demande" de déplacement vers une partie de la ville bien déterminée.

Les options font varier:

- les conditions de circulation (dense ou fluide),
- le prix (3 niveaux de prix d'accès),
- le mode (voiture, voiture + TC, TC).

Un niveau de prix étant fixé, un individu peut soit:

- préférer aller en voiture,
- préférer utiliser les transports en commun,
- éviter le centre ville.

Pour chaque niveau de prix, il est possible ainsi d'estimer les reports (un nombre de déplacements) sur les différentes solutions de déplacement.

Les résultats montrent là aussi une grande stabilité entre les deux expériences (Grenoble et Marseille).

Le tableau suivant donne pour chaque niveau de prix la répartition de 100 déplacements actuels sur les différentes solutions choisies.

	PRIX					
	MARSEILLE	GRENOBLE	MARSEILLE	GRENOBLE	MARSEILLE	GRENOBLE
	2 F	3 F	5 F	6 F	8 F	10 F
Utilisation VP	39 %	38 %	32 %	29 %	32 %	22 %
Parking + TC	26 %	10 %	29 %	11 %	30 %	13 %
TC	17 %	22 %	19 %	28 %	13 %	27 %
Evite le CV	18 %	22 %	20 %	23 %	25 %	23 %
NSP	-	8 %	-	8 %	-	9 %

Tableau 3 : Répartition des déplacements en présence de péage d'accès

La différence essentielle entre les deux villes tient aux positions relatives des options TC et parking + TC.

Les préférences déclarées montrent que près des 2/3 des déplacements VP en centre ville sont susceptibles d'être remplacés par des déplacements utilisant les TC ou purement et simplement supprimés (à l'heure de pointe). Rappelons qu'il s'agit d'opinions et non de comportements effectifs.

### 3.3. Statistique explicative de la valeur du temps

#### 3.3.1. Le modèle

Pour tenter d'expliquer les comportements par les caractéristiques individuelles, il a été choisi d'utiliser un modèle économétrique à variables qualitatives.

Ce modèle peut être décrit de la façon suivante:

Sous l'hypothèse linéaire, un individu particulier valorise l'option présentée au moyen d'une fonction d'utilité:

$$u(t, p) = a.t - p$$

En numérotant les options de 1 à K, un individu classe l'option r devant l'option s, si:

$$a.t_r - p_r \geq a.t_s - p_s$$

La valeur du temps a peut dépendre de caractéristiques observables de l'individu. Soit x le vecteur de ces caractéristiques. Une formulation linéaire de cette dépendance peut s'écrire:

$$a = x.b \quad \text{où } b \text{ est un vecteur de coefficients.}$$

Ainsi pour un individu i de caractéristique  $x_i$ , la valeur du temps sera:  $a_i = x_i.b$ .

Notons alors  $u_i(r)$  l'utilité de l'individu i pour l'option:

$$u_i(r) = (x_i.b).t_r - p_r$$

L'hypothèse statistique supplémentaire consiste à supposer qu'une partie de l'utilité est aléatoire et inobservable:

$$v_i(r) = u_i(r) + \varepsilon_{ir}$$

On suppose que les  $\varepsilon_{ir}$  sont indépendants et identiquement distribués selon une loi spécifique.

On peut alors calculer la probabilité pour qu'un individu i préfère l'option r à l'option s.

$$\text{Proba}(v_i(r) \geq v_i(s)) = \text{Proba}(\varepsilon_{ir} - \varepsilon_{is} \geq u_i(s) - u_i(r))$$

Si  $\varepsilon$  suit une loi de Gumbel, on obtient une forme logistique des probabilités:

$$\text{Proba}(v_i(r) \geq v_i(s)) = \frac{\exp(c.u_i(r))}{\exp(c.u_i(r)) + \exp(c.u_i(s))}$$

Plus généralement, on peut calculer la probabilité associée à un classement de K options.

Soit  $g_i(r)$  le rang de l'option r dans le classement d'un individu i:

$$\text{Proba}(g_i(1), \dots, g_i(K)) = \prod_{k=1}^K \frac{e^{c \cdot u_i(k)}}{\sum_{h: g_i(h) \geq g_i(k)} e^{c \cdot u_i(h)}}$$

La probabilité du résultat de l'expérience complète sur N individu est alors:

$$P = \prod_{i=1}^N \text{Proba}(g_i(1), \dots, g_i(K))$$

Cette probabilité P est une fonction des paramètres du modèle:

$$P = P(c, b)$$

Les estimations de c et de b sont obtenues par la méthode du maximum de vraisemblance.

Afin de sélectionner les variables explicatives, il est nécessaire de disposer d'un test de significativité sur les coefficients b. Pour cela, on utilise le test du ratio de vraisemblance:

Sous l'hypothèse nulle on suppose que la valeur du temps ne dépend pas des variables explicatives:

$a(x)$  est constant indépendant de x

$$a(x) = G$$

Sous l'hypothèse alternative, on suppose que la valeur du temps dépend d'une variable. Dans le cas où cette variable est qualitative à l modalités, la dimension du vecteur b des coefficients associés est l - 1. Dans le cas où la variable est quantitative, ce vecteur est de dimension 1.

Le principal résultat s'énonce sous la forme suivante si  $P_0$  et  $P_1$  sont les valeurs maximum des vraisemblances respectivement sous hypothèse nulle et sous hypothèse alternative.

$T = -2 (\log P_0 - \log P_1)$  suit asymptotiquement une loi du  $\chi^2$  à q degrés de liberté, où q est la dimension du vecteur des coefficients ( $q=1$  ou  $q=l-1$ )

Le test associé au niveau  $\alpha$  ( = 95 %, 90 %, 80 %) consiste donc à refuser l'hypothèse nulle si

$$T \geq \chi^2_{\alpha}$$

### 3.3.2. La mise en oeuvre

La procédure d'estimation des coefficients est assez lourde puisqu'elle implique:

- le calcul de la vraisemblance,
- la maximisation de la vraisemblance.

Mais une fois la procédure terminée, les tests sont assez faciles à calculer.

Sur les échantillons retenus dans les deux expériences dont les tailles sont relativement importantes, les calculs sont assez longs. Les multiples passages visant à exhiber les variables les plus prédictives nécessitent des délais assez importants.

### 3.3.3. Résultats et qualité des résultats

#### Modèles simples

		MARSEILLE		GRENOBLE	
MOYENNE		46,20		39,60	
REVENU MENSUEL	< 10 000 F	46,20	non significatif	36,60	non significatif
	> 10 000 F	46,20		42,00	
AGE	18 - 24	44,40	non significatif	33,60	significatif à 90 %
	25 - 34	44,40	en 4 classes	50,40	
	35 - 54	43,80	significatif en 2 :	33,00	
	> 55	50,40	< 55, > 55	46,80	
SEXE	HOMME	48,60	significatif à 90 %	40,20	non significatif
	FEMME	43,20		39,00	
MOTIF	DOMICILE TRAVAIL	37,80	significatif à 80 %	27,60	significatif à 85 %
	LOISIR	46,20		37,80	
	PROFESSIONNEL	54,00		43,20	
ACTIVITE	ACTIF	45,00	non significatif	37,80	significatif à 80 %
	NON ACTIF	48,60		46,20	
FREQUENCE	> 3 par semaine		non testé	30,60	significatif à 95 %
	0,5 à 3 par semaine			50,40	
	< 0,5 par semaine			36,60	

Valeurs du temps en F par heure

Tableau 4 : Modèles simples à une variable

#### Modèles multiples

Une série de modèles multiples peuvent être estimés, nous n'en retenons que les plus significatifs. Toutes les valeurs du temps sont exprimées en Francs par heure

	18 - 34 ans	35 - 54 ans	55 ans et +
ACTIF	44,40	44,40	49,80
NON ACTIF	45,00	45,00	50,40

Tableau 5 : MARSEILLE, AGES - ACTIVITES

		18 - 34	35 - 54	55 et +
> 2 par semaine	ACTIF	21,00	18,60	26,40
	NON ACTIF	26,40	24,00	31,80
< 2 par semaine	ACTIF	39,60	37,20	45,00
	NON ACTIF	44,40	42,00	49,80

Tableau 6 : GRENOBLE, AGES - ACTIVITES - FREQUENCES

	18 - 34	35 - 54	55 et +
DOMICILE TRAVAIL	37,20	22,80	34,20
LOISIRS	44,40	44,40	50,40
PROFESSIONNEL	53,40	52,80	58,80

Tableau 7 : MARSEILLE, AGES - MOTIFS

	18 - 34	35 - 54	55 et +
DOMICILE TRAVAIL	31,80	22,80	34,20
LOISIRS	40,80	31,20	42,60
PROFESSIONNEL	45,60	36,60	48,00

Tableau 8 : GRENOBLE, AGES -MOTIFS

	DOMICILE TRAVAIL	LOISIRS	PROFESSIONNEL
ACTIF	37,20	44,40	54,00
NON ACTIF	-	48,60	-

Tableau 9 : MARSEILLE, MOTIFS - ACTIVITE

		DOMICILE TRAVAIL	LOISIRS	PROFESSIONNEL
> 2 par semaine	ACTIF	18,60	26,40	27,00
	NON ACTIF	-	33,00	-
< 2 par semaine	ACTIF	34,20	42,60	43,20
	NON ACTIF	-	48,60	-

Tableau 10 : GRENOBLE, MOTIFS - ACTIVITES - FREQUENCES

## **QUELS EFFETS POURRAIENT AVOIR SUR LA CIRCULATION UN PEAGE URBAIN EN ILE DE FRANCE**

**Alain MEYERE**

**Chef de la Division "Etudes Générales" - Syndicat des Transports Parisiens**

Le Syndicat des Transports Parisiens (STP), autorité organisatrice des transports publics en Ile de France, associant l'Etat et les Départements, s'est vu confier par le ministre des transports en Juillet 1989 la mission d'établir un "Plan Stratégique des Déplacements". Ce plan concerne l'ensemble des modes de transport, publics ou privés, et traite non seulement des grandes infrastructures, mais également des conditions d'exploitation et de fonctionnement du système des déplacements. C'est dans ce cadre et assez naturellement que la question de l'efficacité d'un péage généralisé a été abordée, à l'occasion de l'examen des mesures susceptibles de maîtriser l'usage de la voiture en zone dense.

Cette communication présente d'abord le contexte dans lequel se pose le problème du péage en Ile de France. Sont ensuite exposés les tests réalisés à l'aide des outils de simulation disponibles. Les principaux résultats obtenus font l'objet d'une troisième partie. Les conclusions provisoires de cette étape de la réflexion constituent aujourd'hui plutôt un ensemble de questions que des affirmations définitives.

### **1. LE CONTEXTE DU PEAGE EN ILE DE FRANCE:**

#### **1.1. Une idée déjà ancienne...:**

L'idée de faire payer l'usage de l'automobile en ville n'est pas nouvelle. Dès le début des années soixante-dix, divers documents techniques du Ministère des Transports y font allusion. Elle s'est heurtée à des obstacles qui tiennent à la fois à l'impopularité d'une telle mesure et à ses difficultés techniques de réalisation. Pourquoi en parle-t-on à nouveau aujourd'hui, en Ile de France ? Sans doute parce que d'autres pays y ont recours ou envisagent de le faire, mais aussi parce que les évolutions technologiques laissent entrevoir des solutions.

#### **1.2. Un seul mot pour des concepts différents:**

Cependant, le terme même de péage urbain est suffisamment ambigu pour qu'il puisse prendre, en région parisienne, au moins deux formes :

- un péage généralisé, qui s'appliquerait aux véhicules qui pénètrent dans une zone donnée ou qui y circulent et qui pourrait avoir pour objectif soit de réguler les flux automobiles, soit de procurer des ressources pour le financement du système global de transport ;

- un péage destiné à financer de nouvelles infrastructures routières le plus souvent souterraines, et qui serait perçu lors de leur utilisation.

Dans le premier cas, deux objectifs dont il n'est pas certain qu'ils soient conciliables sont assignés au péage. Le premier part du constat que la congestion de la circulation fait de l'espace public une ressource rare à laquelle tous les déplacements ont accès dans les mêmes conditions, quelles que soient les contraintes de temps qui pèsent sur chacun de ces déplacements. En caricaturant (à peine), on peut dire que la régulation actuelle, par la file d'attente, pénalise d'abord les individus dont les contraintes de temps sont fortes. A l'inverse, une régulation par un péage dissuaderait les déplacements à faible utilité économique de se réaliser et pénaliserait surtout les individus à forte contrainte financière. Le deuxième objectif, c'est à dire la recherche de moyens de financement conduit à s'inspirer d'une pratique déjà fort ancienne en France, celle du péage d'infrastructure. Utilisée pour réaliser le programme des grandes liaisons autoroutières interurbaines, son utilisation en milieu urbain est désormais autorisée, mais jusqu'à présent, les réalisations ont été rares.

La deuxième forme de péage résulte des nombreux projets de nouvelles voiries qui existent dans la région. L'Etat est saisi du projet du département de Paris de rocade souterraine périphérique entre la Porte d'Auteuil et la Porte de Bagnolet ; le Département des Hauts-de-Seine étudie de son côté un projet de voiries souterraines (M.U.S.E.) pour lequel il a organisé une consultation internationale. La Région d'Ile-de-France a proposé pour les 20 prochaines années la création d'un réseau régional de voiries souterraines baptisé ICARE intégrant les projets des départements de Paris et des Hauts-de-Seine. Enfin, l'esquisse de schéma directeur évoque l'éventualité d'un tel réseau. La caractéristique commune de tous ces projets est que leur financement repose, en partie ou en totalité, sur les ressources procurées par un péage auprès des utilisateurs de ces nouvelles infrastructures.

### 1.3. Une question qui fait débat :

On a l'impression aujourd'hui que ces deux options sont concurrentes aux yeux de ceux qui les soutiennent. L'une des questions essentielles est de savoir si ces deux formes de péage s'excluent mutuellement ou si elles peuvent coexister dans une même agglomération en se complétant.

Une discussion, prenant parfois un tour polémique, est donc en cours entre partisans et adversaires du péage, et parmi ces derniers, entre les tenants de ses diverses formes. Il a semblé important au STP d'apporter une contribution positive à ce débat en fournissant des éléments quant à l'efficacité de l'outil en tant qu'instrument de régulation des flux automobiles.

En faisant pour l'instant abstraction des problèmes d'acceptabilité sociale et de faisabilité technique, la question principale que nous nous sommes posée a été la suivante :

- peut-on avoir une idée des effets d'un péage généralisé sur les volumes de circulation, et cela dans diverses hypothèses de niveaux tarifaires et de configuration géographique ?

- de manière subsidiaire, peut-on disposer d'estimation concernant le volume des fonds collectés ?

## 2. LES TESTS REALISES:

Pour réaliser les tests de simulations relatifs aux effets du péage sur la circulation, nous avons fait appel à deux outils utilisés en Ile de France, un modèle désagrégé et un modèle global agrégé, les questions posées étant différentes pour tenir compte de la spécificité de chacun d'eux, mais comportant une plage de recouvrement afin de pouvoir comparer les résultats.

### 2.1. Les tests utilisant le programme IMPACT de la RATP:

Ce programme a été mis au point à la RATP. Il comporte des modèles désagrégés de choix pour les individus:

- choix du mode pour le motif domicile-travail

- choix du mode et de la destination pour chacun des trois motifs non obligés que sont les achats, les affaires personnels et les loisirs. La version utilisée fonctionnait à mobilité constante et effectue une recherche d'équilibre sur voirie pour s'assurer que la demande est cohérente avec les vitesses de circulation prises en compte.

Le test réalisé a consisté à examiner comment les flux, par modes et types de liaisons, observés en 1983 (date de la précédente enquête générale sur les déplacements) étaient susceptibles de se modifier par l'introduction d'un péage.

On a considéré des situations de péage sur cordon et il a été supposé qu'un péage était perçu à chaque franchissement d'un cordon (dans chaque sens) par tout automobiliste sans perte de temps. On a retenu l'hypothèse que le tarif était ressenti par l'usager comme égal à 1,5 fois son niveau réel.

Les 5 formules suivantes ont été testées :

	Cordon	Tarif
A:	- Quartier des affaires	a
B:	- Boulevard périphérique	a
C:	- A86	a
D:	- A86 + BP	a sur chacun des deux cordons
E:	- A86 + BP	0,75xa sur A86 et 1,5xa sur BP

a variant de 5 à 50 F par palier de 5F.

Les résultats sont donnés sur la base des déplacements recensés en 1983. Le modèle fonctionne à niveau de mobilité constant, à répartition spatiale des emplois et des populations inchangée et à offre physique de transport donnée.



## 2.2. Les tests utilisant le modèle global de la DREIF:

Ce modèle conçu par la DREIF est un modèle agrégé classique à 4 étapes. Le péage a été introduit au moment des étapes de choix modal et d'affectation sur les réseaux en considérant que le coût supplémentaire supporté par les usagers était assimilable à un allongement de temps de parcours sur les tronçons de voirie concernés.

Deux scénarios de péage ont été envisagés:

- un péage sur cordon consistant à faire payer tout véhicule au franchissement du périphérique et de A86 les tarifs suivants durant deux heures et demi à la pointe du soir:

	BP	A86
Hypothèse ( entrée	8F	8F
basse ( sortie	8F	12F
Hypothèse haute	tarifs doublés	

Les tarifs appliqués durant deux heures et demi le matin en entrée correspondent à ceux utilisés en sortie le soir et réciproquement.

- un péage de zone consistant à faire payer tout véhicule effectuant des déplacements extracommunaux ou extraquartiers à l'intérieur de A86, durant deux heures et demi le matin et deux heures et demi le soir, selon les modalités suivantes :

	à Paris	en banlieue
Hypothèse basse	1,50 F	0,75 F
Hypothèse haute	2,25 F	1,50 F

La situation examinée correspond à l'horizon 2015 dans une hypothèse d'urbanisation volontariste et avec un réseau de transport étoffé en transport public (scénario 2 des travaux préliminaires de révision du SDRIF) et les tests de trafic portent sur l'heure de pointe du soir.

## 3. LES RESULTATS:

### 3.1. Programme IMPACT:

Les tableaux détaillés de résultats sont fournis en annexe. On notera que l'effet relatif en termes de transferts modaux est le plus élevé dès les premiers 5 ou 10 F. Cela paraît indiquer une bonne sensibilité des usagers en situation physique de choix (proximité d'une offre concurrente de transport public), mais aussi qu'une part importante des automobilistes sont en fait "captifs" de leur véhicule particulier. Les principaux résultats sont les suivants:

- *usage de la voiture particulière* (taux d'utilisation du mode sur l'ensemble de la journée) :

1) c'est l'instauration d'un double cordon qui a le plus fort impact sur l'ensemble des déplacements, la part de déplacements en voiture particulière passant

de 59,8% à 52,5% dans la variante D avec le tarif le plus élevé. Les effets de la mise en place d'un seul cordon, interne à Paris (variante A) ou à sa limite (variante B) sont relativement faibles (resp. 58% et 57%).

2) concernant les liaisons banlieue-banlieue, l'impact le plus élevé est obtenu grâce à la mise en place d'un cordon éloigné, seul (variante C) ou accompagné d'un cordon plus proche (variante D), la part des déplacements automobiles passant, dans la même hypothèse tarifaire de 74,1% à 65,7% et 66,3%. Les variantes ne comportant qu'un seul cordon interne à Paris ou en limite induisent une très légère augmentation de ce pourcentage en raison d'un changement de destination pour certains motifs (+ 0,5 à 0,7%)

3) Sur les liaisons Paris-Banlieue, les trois variantes comportant un cordon au niveau du boulevard périphérique ont des effets très importants et très voisins, le partage modal passant de 35,3% à environ 10%.

4) L'utilisation de la voiture pour les liaisons internes à Paris ne baisse que si un cordon interne est mis en place. Dans les autres cas, elle augmente en raison de la fluidité résultant d'un moindre nombre de déplacements en provenance de la banlieue.

- *Congestion de la voirie* (évolution relative du nombre d'utilisateurs de la voirie à l'heure de pointe du soir) :

1) Quelque soit le niveau de tarif, ce sont les variante comportant un cordon au niveau du boulevard périphérique qui décongestionnent le plus la voirie parisienne (de - 10% à -38% selon les variantes et les niveaux tarifaires), la variante de cordon interne ayant l'effet le plus faible (au maximum -7% pour le niveau de tarif le plus élevé).

2) En ce qui concerne la voirie de banlieue, l'instauration d'un double cordon a les effets les plus importants (de -5% à -14% selon les niveaux tarifaires).

- *Utilisation des transports publics* (variation relative de la fréquentation) :

1) La croissance la plus forte des transports publics est obtenue lorsqu'on met en place un double cordon sur A86 et le boulevard périphérique (+20,1% dans l'option D et +17,5% dans l'option E, avec le niveau tarifaire le plus élevé).

2) Les options qui comportent un péage au niveau de A86 (C,D et E) se traduisent par de fortes augmentations des voyages du réseau banlieue (RER, SNCF et autobus).

En résumé, on retiendra que parmi les trois options ne comportant qu'un seul cordon, c'est l'implantation au niveau de A86 qui induit le plus grand nombre de transferts vers les transports public (principalement autobus de banlieue et services ferroviaires à grand gabarit) mais qui décongestionne le moins la voirie parisienne. Si l'on cherche à réduire les déplacements automobiles dans Paris, un cordon au niveau du périphérique est préférable et c'est alors qu'on observera le plus fort report sur les autobus parisiens. Les deux options qui combinent deux cordons ne conduisent pas à une réduction notablement plus importante de la circulation automobile dans Paris que le seul cordon sur le périphérique, mais occasionnent globalement des transferts modaux plus élevés et ont un effet de décongestion plus fort sur la voirie de banlieue.

#### 4.2. Modèle global DREIF:

Les principaux résultats sont les suivants:

##### - usage de la voiture particulière:

Avec les hypothèses de tarif retenues, les deux types de péage conduisent globalement à des baisses de trafic automobile dans la zone dense du même ordre de grandeur:

- à Paris, 16% ou 17% en hypothèse basse et 21% ou 22% en hypothèse haute
- en proche couronne, 10% ou 11% en hypothèse basse et 13% ou 15% en hypothèse haute.

Ces baisses sont plus élevées que celles qui résulteraient spontanément de la congestion (7% à Paris et 9% en proche couronne) et permettraient au minimum de maintenir globalement les conditions de circulation de 1983 à Paris en hypothèse basse et de les améliorer en hypothèse haute et en proche couronne dans les deux cas.

A un niveau plus local cependant, la situation pourrait se détériorer. Avec les niveaux bas de tarif, les conditions de circulation de 1983 seraient assurées partout à l'intérieur de A86, sauf en sortie du secteur de La Défense vers l'Est et le Nord. A l'extérieur de A86 et avec les hypothèses tarifaires basses, la situation serait inchangée sauf sur certains points particuliers à proximité qui pourraient avoir à supporter le report de certains déplacements de rocade en grande couronne depuis A86 vers des voiries externes non soumises à péage.

##### - usage des transports publics:

Les flux sortant de Paris le soir pourraient être augmentés dans des proportions allant de 5% à 8% selon les hypothèses, et ceux quittant l'ensemble Paris-proche couronne pourraient l'être de 6% à 13%. C'est le péage de zone avec les tarifs les plus bas qui procure les effets les plus faibles, et c'est le péage cordon avec les tarifs les plus haut qui conduit aux plus fortes augmentations. Ce résultat est conforme au fait qu'un péage de zone a des effets plus isomorphes qu'un péage cordon.

##### - Recettes procurées par le péage:

On appliquerait le péage 5 heures par jour, 5 jours par semaine et 11 mois par an. C'est le péage de zone en hypothèse tarifaire haute qui procure les recettes les plus élevées: de l'ordre de 5 300 Millions de F. C'est le péage cordon en hypothèse tarifaire basse qui procure le volume le plus faible: environ 2 500 Millions de F.

On peut comparer ces montants aux recettes provenant du versement transport qui s'élèvent à environ 8 000 Millions de F. en 1991 et pourraient s'établir, sur les bases actuelles de perception, entre 11 000 et 12 000 Millions de F. en 2015.

On peut aussi les comparer aux dépenses d'investissement en grandes infrastructures routières et de transport collectif. Elles ont été en moyenne, en Francs 1989, de l'ordre de 6 100 Millions de F par an de 1970 à 1979 et de 3 000 Millions de F par an de 1980 à 1989. Enfin, certaines prévisions concernant les seuls transports

publics font état, en investissement et en fonctionnement, d'un besoin de financement supplémentaire à l'horizon 2003 d'environ 8 000 Millions de F.

#### 4. ELEMENTS DE CONCLUSION

4.1. Les résultats de ces simulations permettent donc de conclure que, dans les conditions envisagées:

- un péage généralisé en Ile de France peut être un instrument efficace de lutte contre la congestion;
- un péage généralisé en Ile de France peut être un instrument de financement procurant des recettes non négligeables

4.2. L'utilisation de ces modèles confirme la complexité des phénomènes liés à la circulation. Même avec les hypothèses simplificatrices retenues dans chacun de ces exercices, on met en évidence que, dans certaines circonstances, une réduction des déplacements automobiles sur certaines liaisons ne se traduit pas forcément par une baisse de la congestion en raison de certaines inductions de trafic (modification des destinations, du choix modal ou des itinéraires).

Les résultats qui ont été présentés doivent donc être considérés avec prudence, d'autant plus que la modification de l'accessibilité de certaines zones pourrait avoir, à terme, des effets (largement imprévisibles aujourd'hui) sur leur fréquentation, le profil social de ceux qui y entrent, le type d'entreprise qui s'y implante, ou les programmes de logements qui y sont lancés.

4.3. Enfin, et indépendamment de son opportunité, dont l'appréciation est laissée au pouvoir politique, un péage généralisé n'est envisageable que si certaines conditions sont réunies et plus précisément:

- que l'on dispose d'équipements techniques fiables permettant que les opérations de paiement ne créent pas d'encombres supplémentaires (péage électronique "à la volée");
- que le cadre juridique actuel ait été réformé pour autoriser le péage généralisé;
- que l'opinion publique ait évolué vers une attitude moins défavorable.

4.4. Le travail engagé devrait donc avoir des prolongements dans les directions suivantes :

- mieux appréhender les conséquences financières de l'instauration du péage d'une part, et son impact sur le volume et la répartition des déplacements, d'autre part.
- suivre les évolutions dans les autres pays et en particulier chez nos voisins européens.
- explorer un autre aspect de la tarification de l'usage de la voiture, le stationnement payant.

**Remerciements :**

Les tests et leur analyse ont bénéficié des contributions de Mmes ROUSSEAU et SAUT et de MM. TARDIVEL et THIBAL de la R.A.T.P., ainsi que de M. DUFOUR de la D.R.E.I.F..

Qu'ils soient remerciés pour la qualité de leur contribution à ce travail.

**INFLUENCE DES SYSTÈMES DE PÉAGE ÉTUDIÉS SUR L'ÉVOLUTION DES  
FLUX "TRANSPORTS EN COMMUN" À L'HEURE DE POINTE DANS  
PARIS ET LA COURONNE DENSE**

**TESTS DREIF**

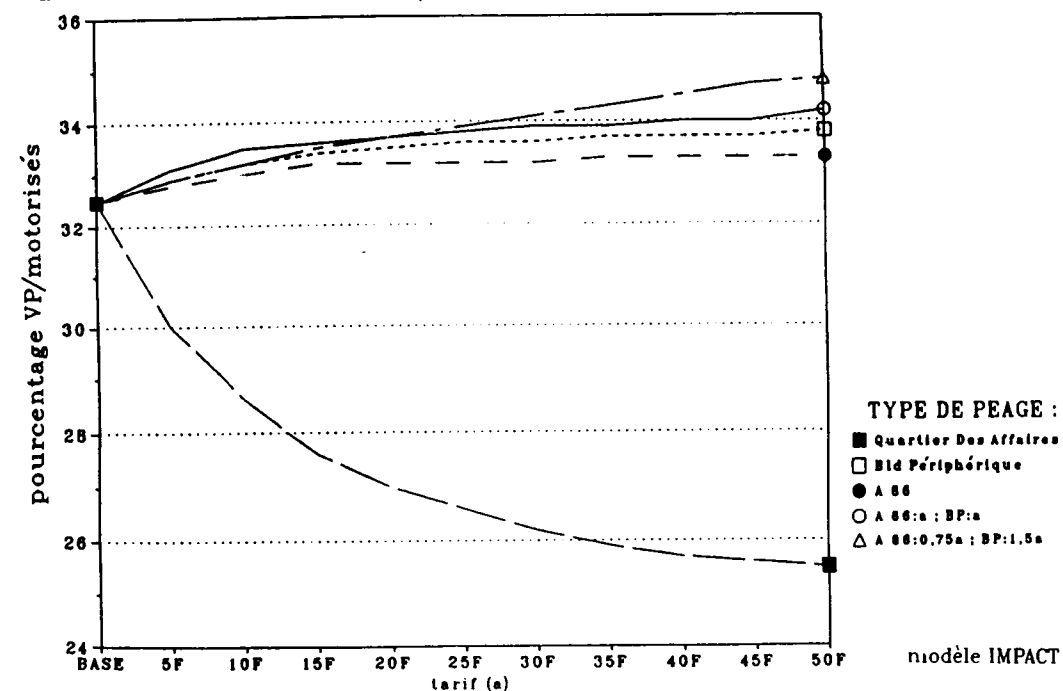
	TRAFCIS QUITTANT PARIS LE SOIR	TRAFCIS DES ZONES C/ RTE ORANGE 1, 2 ET 3 VERS LA GRANDE COURONNE LE SOIR
EN 1983	302 000	211 000
Flux 2015 la voirie étant supposée avoir les capacités suffisantes pour fonctionner dans les conditions de vitesse de 1983	3 33 000	285 000
Flux 2015 "réalistes" dans le cadre du scénario 2015 testé	342 000 (+ 9 000 ou 3%)	303 000 (+ 18 000 ou 6%)
Flux correspondant à chaque cas de péage		
Péage cordon :		
Tarif bas	352 000 (+ 19 000 ou 6%)	311 000 (+ 26 000 ou 9%)
Tarif haut	359 000 (+ 26 000 ou 8%)	323 000 (+ 38 000 ou 13%)
Péage de zone :		
Tarif bas	350 000 (+ 17 000 ou 5%)	303 000 (+ 18 000 ou 6%)
Tarif haut	355 000 (+ 22 000 ou 7%)	310 000 (+ 25 000 ou 9%)

INFLUENCE DES SYSTÈMES DE PÉAGE ÉTUDIÉS SUR L'ÉVOLUTION DES  
FLUX "ROUTIERS" À L'HEURE DE POINTE DANS  
PARIS ET LA COURONNE DENSE

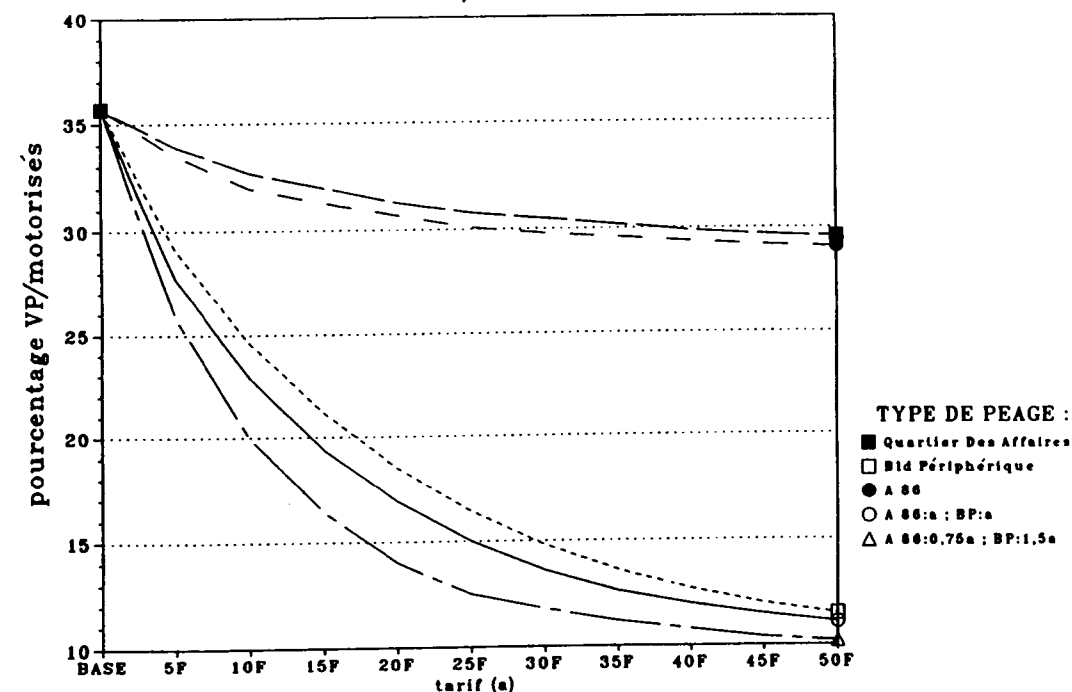
TESTS DREIF

	TRAFFICS CONCERNANT PARIS	TRAFFICS CONCERNANT LES ZONES CARTE ORANGE 2 ET 3
EN 1983	210 000	349 000
Flux qui existeraient dans le scénario 2015 testé (avec un fort réseau transport en commun) si on supposait réalisées toutes les capacités leur permettant de s'exprimer	205 000	414 000
Flux qui s'expriment effectivement dans ce scénario avec les capacités d'un réseau routier correspondant au schéma directeur 84 (régulation par la congestion)	190 000 (- 15 000 ou - 7%)	377 000 (- 37 000 ou - 9%)
Flux qui s'exprimeraient (sous réserve que leur soient offertes partout les capacités nécessaires) dans chaque cas de péage étudié :		
Péage cordon :		
Tarif bas	172 000 (- 33 000 ou - 16%)	369 000 (- 45 000 ou - 11%)
Tarif haut	161 000 (- 44 000 ou - 21%)	350 000 (- 64 000 ou - 15%)
Péage de zone :		
Tarif bas	169 000 (- 36 000 ou - 17%)	374 000 (- 40 000 ou - 10%)
Tarif haut	159 000 (- 46 000 ou - 22%)	359 000 (- 55 000 ou - 13%)

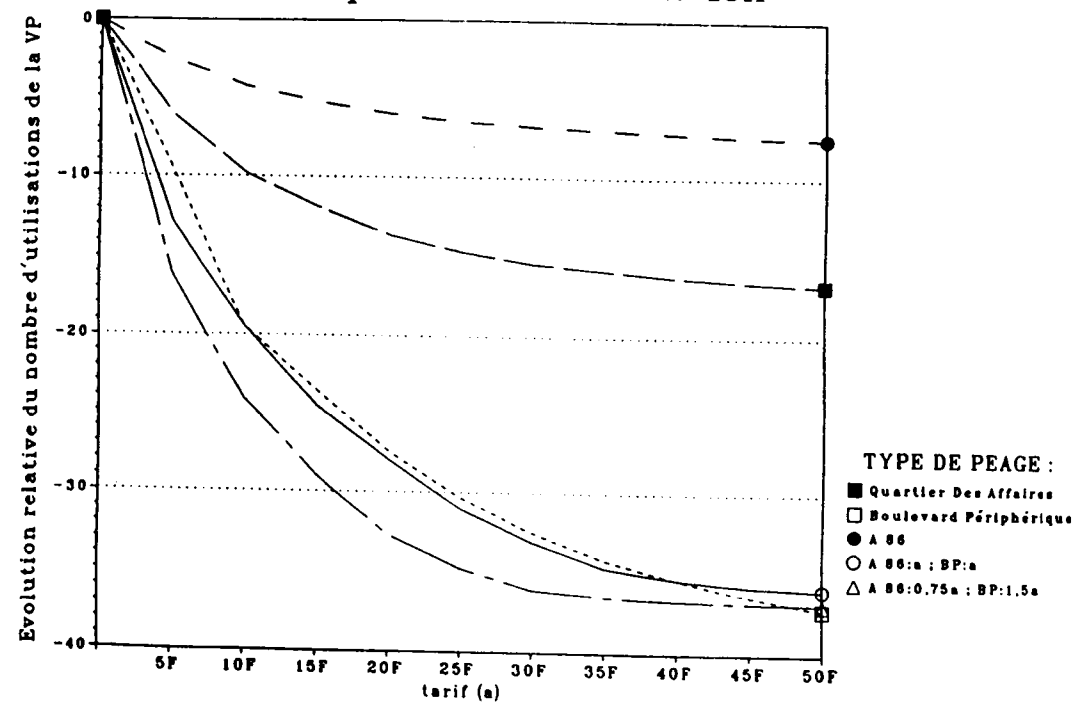
TESTS DE PEAGES URBAINS :  
INFLUENCE SUR LES UTILISATIONS DE LA VP  
Liaisons Paris-Paris / Ensemble de la journée



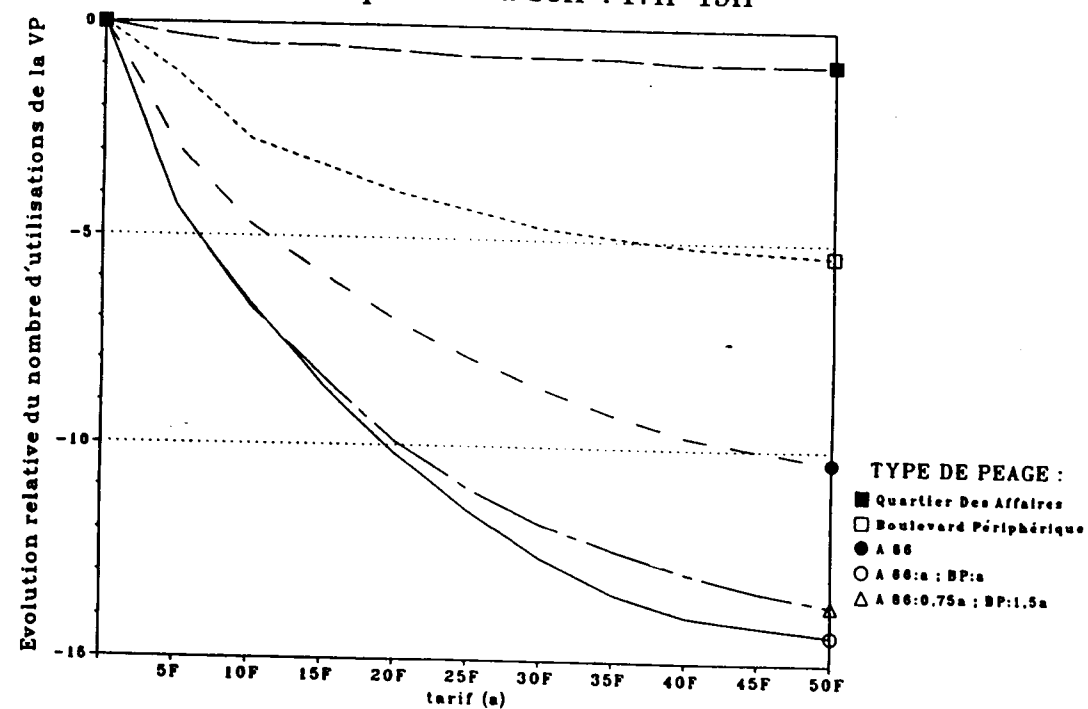
TESTS DE PEAGES URBAINS :  
INFLUENCE SUR LES UTILISATIONS DE LA VP  
Liaisons Paris-Banlieue / Ensemble de la journée



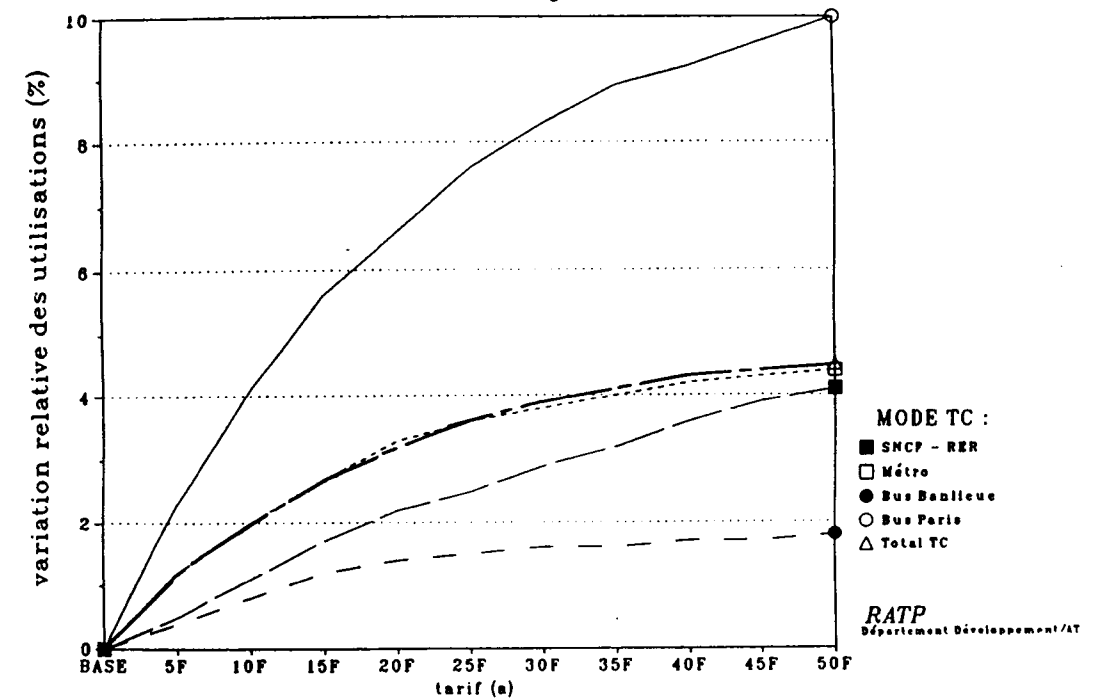
TESTS DE PEAGES URBAINS :  
INFLUENCE SUR LA DECONGESTION DE LA VOIRIE DE PARIS  
Heures de pointe du soir : 17h-19h



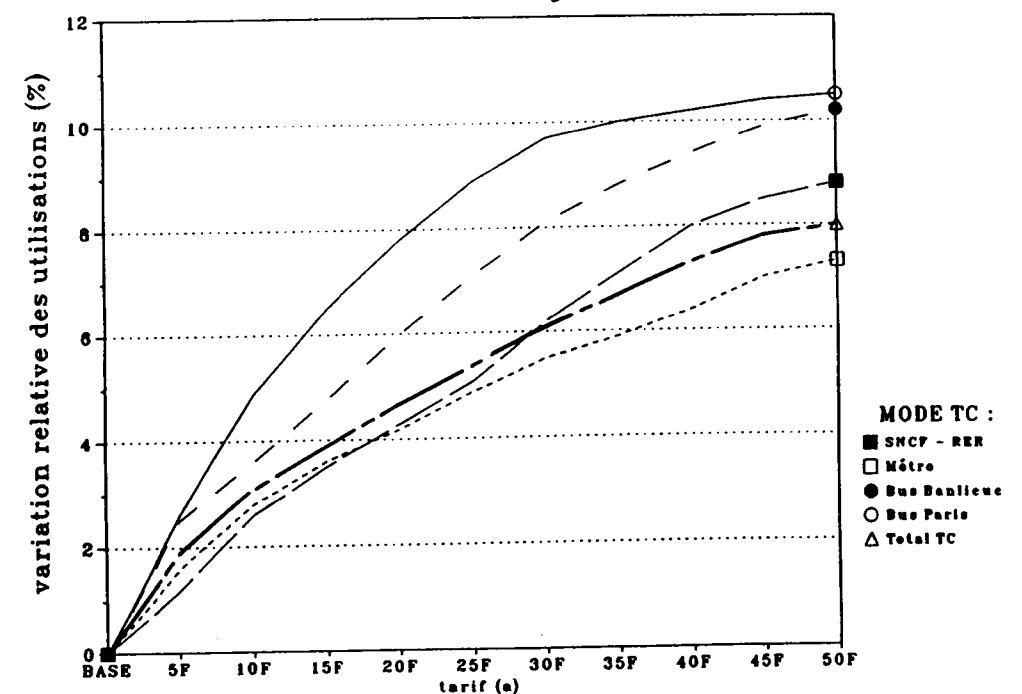
TESTS DE PEAGES URBAINS :  
INFLUENCE SUR LA DECONGESTION DE LA VOIRIE DE BANLIEUE  
Heures de pointe du soir : 17h-19h



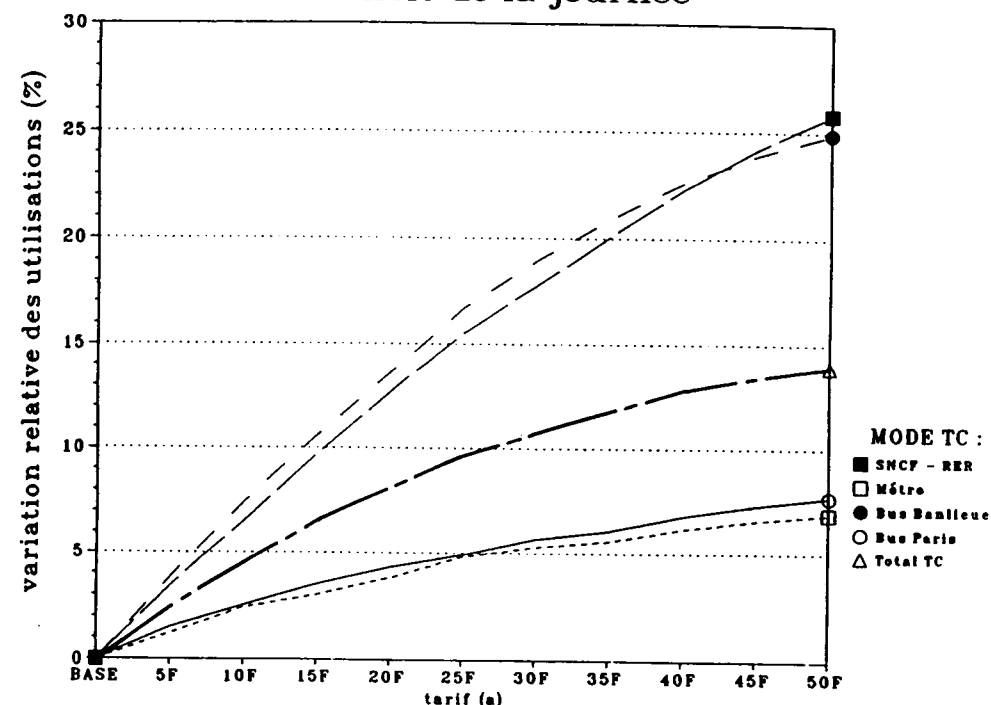
TESTS DE PEAGES URBAINS : Quartier des Affaires  
INFLUENCE SUR LES UTILISATIONS DES TC  
Ensemble de la journée



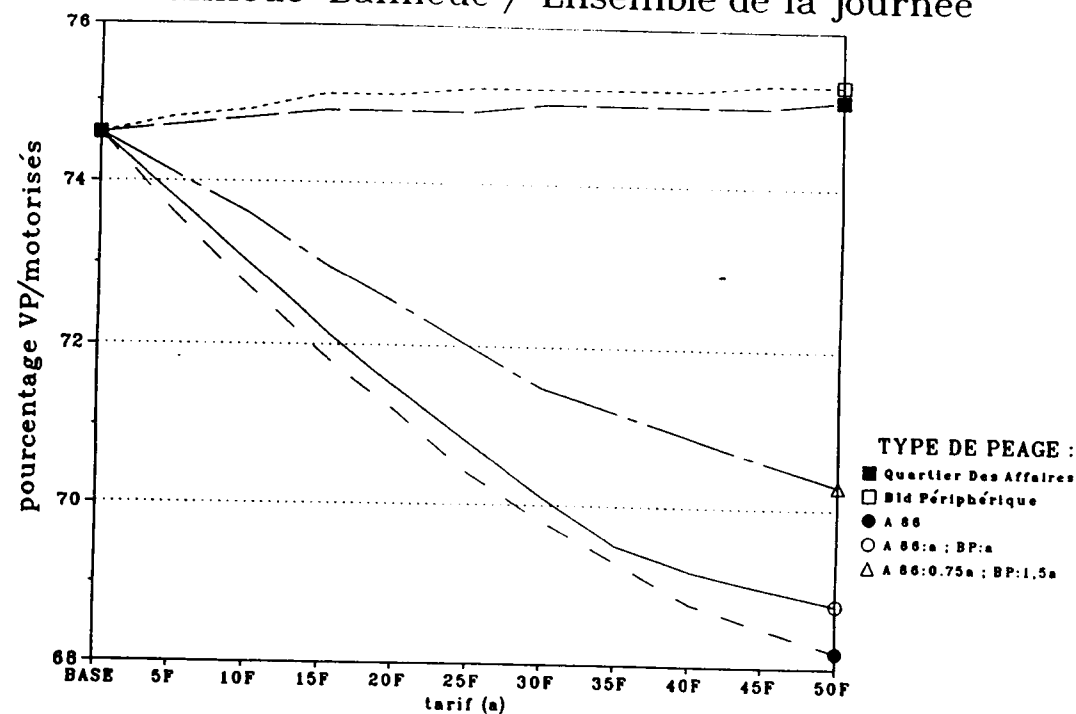
TESTS DE PEAGES URBAINS : Boulevard Périphérique  
INFLUENCE SUR LES UTILISATIONS DES TC  
Ensemble de la journée



### TESTS DE PEAGES URBAINS : A 86 INFLUENCE SUR LES UTILISATIONS DES TC Ensemble de la journée



### TESTS DE PEAGES URBAINS : INFLUENCE SUR LES UTILISATIONS DE LA VP Liaisons Banlieue-Banlieue / Ensemble de la journée



## LES REACTIONS DES USAGERS

### Synthèse des discussions du thème 3 Odile Andan, CNRS-LET, Lyon

Evaluer les conséquences de la tarification d'usage d'infrastructures qu'elle soit appliquée dans une optique de production de recettes ou de réduction de la congestion par orientation de la demande ne peut se faire que par la prise en considération des réactions des usagers.

Or ces réactions sont encore très mal connues : les expériences de péage sont trop peu nombreuses pour éclairer la complexité des comportements et la mise au point de méthodes de prédiction des comportements soulève bien des difficultés.

Les acquis en ce domaine, qu'ils proviennent des expériences en cours ou de certaines études sont de portée bien générale, selon un double point de vue. Au niveau des comportements individuels, on ne peut douter que les conducteurs réagissent à l'accroissement des coûts de déplacement ou à la désutilité du déplacement en voiture. Au niveau plus global de la régulation des flux en milieu urbain, le péage peut être en même temps un instrument efficace de la lutte contre la congestion et un instrument de financement procurant des recettes non négligeables.

Mais expériences et études confirment la complexité des phénomènes liés à la circulation. Même avec des hypothèses simplificatrices, des études mettent en évidence que, dans certaines circonstances, une réduction des déplacements automobiles sur quelques liaisons ne se traduit pas forcément par une baisse de la congestion en raison de diverses inductions de trafic sur d'autres itinéraires ou modes (modification des destinations, du choix modal, des itinéraires...). Par ailleurs, si on observe une bonne sensibilité des usagers au signal de tarification, on ne peut ignorer aussi qu'une part non négligeable d'automobilistes sont en fait captifs de la voiture.

Il y a en réalité un vaste choix de réponses à la mise en place d'un péage. La forme et le degré de réponse dans une situation particulière dépendent à la fois de nombreux facteurs relevant des caractéristiques de la demande et des disponibilités de l'offre.

Ainsi se pose une première question, concernant la façon de saisir le plus fidèlement possible les réactions des usagers. D'une part celles-ci relèvent des marges de liberté dont ils disposent et qui les mettent ou non en situation de choix. Elles dépendent d'autre part de la manière dont ils perçoivent la modification des combinaisons de choix sous de nouvelles conditions.

Une des méthodes proposées, celle des préférences déclarées, fournit a priori un "modèle" schématisant le raisonnement de chaque individu devant un arbitrage qu'il a à faire pour un déplacement déterminé, entre les différences de coûts et les gains associés à chaque option. Il semble que l'usage de cette méthode, nécessite quelques précautions, en particulier se replacer dans le contexte général des déplacements quotidiens. Sans le respect de ces précautions, on n'est guère à même

de saisir la complexité des réactions et en isolant le déplacement de son contexte on risque de sortir de la réalité et d'obtenir des résultats peu fiables.

Une autre méthode, s'inspirant de celles du jeu-simulation, s'attache à comprendre les choix perçus par les automobilistes à l'aide de la simulation des adaptations à une nouvelle situation. Elle propose un cadre conceptuel- "l'enveloppe opérationnelle"- dans lequel s'opère le choix des utilisateurs de la voiture. Si elle n'apporte guère d'éclairage sur la complexité potentielle du rôle de la tarification dans les ensembles de choix des automobilistes, elle met l'accent sur deux points importants. D'une part elle suggère que dans les conditions urbaines congestionnées, la décision d'utiliser un équipement tarifé n'est généralement pas un compromis simple avec la valeur du temps, mais reflète un ensemble d'attributs désirés de l'utilisation de la voiture, parmi lesquels la réduction de l'incertitude du temps de déplacement est probablement l'attribut dominant. D'autre part, elle démontre la nécessité pour évaluer les réactions de composer avec l'échelle du temps des décisions, pour tenir compte de l'accumulation des expériences de l'usager qui l'amènent à percevoir les autres possibilités.

En conséquence le cadre le plus approprié pour étudier les réponses au péage devrait être basé sur l'analyse des schémas d'activités, et l'échantillon sélectionné non sur des critères socio-économiques et démographiques usuels, mais plutôt sur des critères d'utilisation des équipements.

Une seconde question concerne le rôle du péage, en tant qu'élément modificateur de l'offre de transport. Le péage peut-il être à lui seul responsable des effets observés ? D'autres éléments concourent avec le péage à des changements de comportements en matière d'utilisation de la voiture, éléments de pression - la politique fiscale, des contraintes réglementaires-, éléments incitatifs tels que des opportunités nouvelles d'offre de transports collectifs, l'information sur l'état de la circulation, la création de parkings en limite urbaine...

Ces observations amèneraient à conclure que le péage à lui seul ne permet pas d'obtenir les résultats souhaités sur la régulation des flux automobiles et qu'il doit être renforcé par toute une série de mesures, intégrées dans une politique globale de transport.

## THEME 4

# LES ENJEUX ET L'ACCEPTABILITE DU PEAGE



# ALTERNATIVE APPROACHES TO URBAN TRANSPORT PRICING AND THEIR LINKAGE TO INVESTMENT\*

David Gillen, Institute of Transportation Studies,  
University of California, Berkeley

\* This paper draws on material developed in papers written in collaboration with Tae Oum.

## 1.0 INTRODUCTION

Efficient pricing of urban transportation has a long history in the economics literature. Pigou (1920) and Knight (1924) recognized that the principle of marginal cost pricing applied to roadways. This theme was picked up by Boiteux (1949) and Steiner (1957) in a discussion of the basis for peakload pricing and multi-part tariffs. Subsequently, a vast literature has developed which has extended and elaborated upon these original contributions. Walters (1961) formalized the congestion pricing model for roadways. Levine (1969) provided a corresponding discussion of the application of this principle in air travel. Useful summaries of the literature can be found in Morrison (1986), Small, Winston and Evans (1989) and Gillen and Oum (1991).

The consensus in the road pricing literature has been that short run marginal social cost pricing is the first best pricing principle. It provides not only for an efficient use of existing infrastructure but also provides the correct signal for investment in infrastructure. However, some economists argue that it is not short run but rather long run marginal cost to which prices should be set. Walters (1968) asserts that the short run marginal cost is always the appropriate value. Friedlaender (1969) argues that in assessing the relative costs of the various modes, it seems to be generally agreed that long run marginal costs are the relevant costs. The basis of the argument for moving to the long run is the increase in price stability. This accomplishes a number of things; increases the information content to buyers, reduces the risk and transactions cost of long term planning and eliminates the problems of revenue shortfalls with any economies present. Another set of economists, for example Baumol & Bradford (1970), claim that neither extremely short run nor extremely long run marginal cost is an economic concept of general applicability. They say that in principle it is easy to specify which "run" is appropriate. However, in practice the issue arises of how to get from short run to long run. Kahn (1970) also argues that it is a mixture of short run and long run marginal cost to which price should be equated because it is the short run marginal cost that reflects the social opportunity cost of providing the additional unit that users are trying to decide to purchase at any given time but it must also be decided who should pay the capital costs in the long run.

The practice of pricing is to raise revenue to cover costs and the pricing principle seems to be based in the multi-part tariff literature. A distinction should be made between cost recovery and pricing. Cost recovery requires information only on costs. There are any number of arbitrary rules to be used for allocating fixed costs. One rule could be allocation based on output proportions; the proportion of fixed costs allocated to a user group would be in the same proportion as that group's proportion of use over total use. For example, if on a roadway (link or network) automobiles have 40% of the total km traveled, they would be responsible for 40% of the fixed costs. Another rule is to use the ratio of variable cost responsibility. If, for example, trucks impose greater costs than automobiles, say in the ratio of 4:1, they would have fixed costs allocated to them in this same proportion. Of course the simplest rule is that everyone pays the same. Basing prices on cost recovery principles rather than efficient pricing principles may result in the same outcome and the same set of prices (constant returns to scale and perfect divisibility) but this is not necessarily, and generally will not be, the case.

Pricing requires information on costs and demand since an efficient price is one for which the value of the good equals the marginal cost of the good. Efficient prices are ones which yield the highest level of welfare to the economy not to any particular individual, mode, carrier or region. Pricing implies a certain cost recovery which may be more or less than 100% depending on the nature of the cost relationship and the divisibility of investments in capacity. Different pricing principles will result in different levels of cost recovery.

In this essay, three approaches to pricing are examined and their implications for infrastructure investment investigated. The three approaches are short run social marginal cost pricing (SRSMC), long run marginal cost pricing (LRMC) and multi-part tariff pricing (MPT). In addition, cost recovery versus infrastructure pricing is discussed and the conditions under which pricing would lead to over or under cost recovery presented and what impact this would have on the investment in infrastructure. Section 2 provides a more detailed discussion of short run social marginal cost pricing in the context of the standard road pricing model and adds some interesting wrinkles from the more recent literature. The implicit assumptions required to have full cost recovery are reviewed. Section 3 examines long run marginal cost pricing, why it may be appealing and how a choice of this pricing approach may impact investment. The status-quo and multi-part prices are examined in section 4. Alternative instruments for pricing and financing infrastructure are discussed in section 5. Section 6 contains a summary and conclusions.

## 2.0 MARGINAL SOCIAL COST PRICING

The pricing literature has generally agreed that setting prices for road or transit equal to short run marginal social cost will lead to a maximum social benefit. This can be accomplished by setting price, capacity and durability to maximize the net benefits (NB). This can be represented as:

$$\text{Max NB wrt } Q_t, W \text{ and } D$$

$$NB = \sum_{t=1}^T \left[ \int_0^{Q_t} P_t(Z) dZ - Q_t \cdot AC_t(Q_t, W, D) - M(Q_t, W, D) - rk(W, D) \right]$$

$Q_t$

where  $P_t(Z)$  represents the inverse travel demand function expressed in real terms,  $Z$  is a dummy variable for integration,  $AC_t$  is the average cost function in year  $t$  expressed in present value terms and includes the expenses of all users and the infrastructure authority (including the users value of time),  $Q_t$  is the traffic volume in year  $t$ ,  $W$  is the width of the facility (a dimension which determines the volume capacity of the facility),  $D$  is the durability standard (a dimension which determines the weight of user groups who can use the facility,  $r$  is the real interest rate,  $M$  is the present value of the average total maintenance cost per year and  $k$  is the capital cost of the infrastructure construction. The optimality rules for pricing, capacity and durability can be obtained from the following first order conditions:

$$P_t = \left( AC_t + Q_t \frac{\partial AC_t}{\partial Q_t} \right) + \frac{\partial M}{\partial Q_t} \quad t = 1, 2, \dots, T$$

$$T \left( \frac{\partial M}{\partial W} + r \frac{\partial k}{\partial W} \right) = - \sum_{t=1}^T Q_t \frac{\partial AC_t}{\partial W}$$

$$Tr \frac{\partial k}{\partial D} = - \sum_{t=1}^T \left( Q_t \frac{\partial AC_t}{\partial D} + \frac{\partial M}{\partial D} \right)$$

The first equation gives the optimal pricing rule and indicates that infrastructure user charges should be set equal to the combined cost of the congestion externality and infrastructure damage costs. This is essentially the social marginal cost which varies over time. The optimal infrastructure capacity condition is provided in the second equation. It indicates that capacity should be constructed to the level where the marginal benefits from reduced congestion delay becomes equal to the increased capital costs of construction and maintenance. Finally, the optimal durability condition is contained in the third equation and simply states that the optimal investment in durability should be set at a level where the marginal benefits from increasing investment in durability equals the additional capital cost. The discussion which follows will focus on urban transportation but this is a general model and can apply to roadways, transit systems, railroads or airports.

Small (1990) has shown that the results developed above hold for multiple periods in which infrastructure is servicing distinct daily time periods. This model would allow intermodal as well as inter-temporal substitution. It is, therefore, possible to assess the impact on demand of an investment in infrastructure. If there is some latent demand which is elastic with respect to congestion delay, an investment in capacity will lead to an increase in demand and a 'shifting peak'. This inter-temporal substitution or rescheduling trips needs to be considered in pricing and investment models.

Arnott et al. (1988) investigate the issue of rescheduling. They treat the number of commuters endogenously and show that inter-temporal reallocation can yield benefits equal to or greater than those attainable from reducing the amount of peak period travel. This requires a two-part congestion fee, a fixed and a varying component. One can, for example, consider three periods; an uncongested period, a congested period and a sub-period within the congested period in which there is severe congestion. They show that there are significant gains to be obtained by having a time-varying congestion toll in addition to a flat rate congestion toll. An invariant congestion toll yields efficiency gains which are less than one third of those available from a two-part within period congestion fee.

The introduction of inter-temporal substitution (or inter-route substitution) results in greater complexity for the prices to be established but the increase yields a significant increase in efficiency. The underlying principle governing the setting of prices remains the same. This is true also for the investment decision rule; continue expanding network capacity until the marginal cost of capacity yields equivalent cost savings of the capacity. The cost savings will have two components, schedule delay costs and travel time costs. The level of investment in infrastructure may be higher or lower with the time varying congestion fee since using the time varying congestion fee means that users are optimally distributed over time to yield optimal schedule delay costs and travel time costs. If there were a second best pricing policy, we would want to reduce the investment in capacity somewhat since there would be a bias from underpricing; users would have their consumer surplus count on the benefit side but are not considered as generating an externality on the cost side. It is, therefore, ambiguous whether the investment in capacity under a 'course' congestion fee regime would be greater than or equal to the investment in capacity in a first best world.

Under constant returns to scale in the provision of capacity and if capacity is perfectly divisible, application of the optimal pricing rule will yield total revenues which just cover total costs. Therefore, with an optimal pricing and investment rule each part of the system large or small will break-even financially. Each part of the system will be optimally utilized and the system itself will be of an optimal size.

### 3.0 LONG RUN MARGINAL COST PRICING

There are numerous arguments made for shifting from short to long run marginal costs for setting prices for infrastructure and include the following. Short run marginal costs are the place to begin in setting prices for infrastructure but short run marginal costs can vary substantially over the cycle. If prices were based on short run costs, it would do more harm than good since the information content in prices to guide decision-making would be lost due to uncertainty. Prices based on short run costs would generally be less than average costs since there is excess capacity on the majority of the network for the majority of the time. Thus, short run marginal costs based prices would lead to deficits. There are unassignable common costs leading to second best pricing.

The move to long run marginal cost pricing may also be made on the basis of incomplete markets in the short term. The argument is that standard theory treats a single decision-maker setting a price for different facility users. There is a single market, contracts contain full information and there are complete contingent claims markets. If fluctuations in demand in conjunction with sharply rising marginal cost result in wide swings in prices, there is greater uncertainty. There is no market in which a user can protect themselves from this uncertainty; that is the contingent claims market is incomplete. This would mean that long term contracting would be required to overcome this failure. Even asymmetric information can affect incentive methods and lead to long term contracting.

These problems have led some to suggest that setting prices for infrastructure on the basis of long term marginal costs will provide a solution. It reduces price fluctuations so long term private investment planning can occur at lower costs. The information content of prices is increased since prices change less frequently. There is full cost recovery and all users pay for the capacity they use. This type of model would see a more or less linear growth rate in prices where capacity is added ahead of time to meet future demand which is expected to grow in a more or less constant way over time.

The strongest argument for the move to longer run costs upon which to base prices appears to be on the grounds of lumpiness in capacity expansion. There is no argument of returns to scale. There is also no convincing argument on the basis of full cost recovery either. Oum and Zhang (1990) show that the relative magnitudes of congestion tolls and capacity costs depend upon the time path of traffic growth. If there is significant latent demand which materializes when capacity increases there could be a 'cash-flow' problem when marginal cost decreases but this would presumably dissipate over a couple of cycles, that is, the latent demand would eventually disappear. Oum and Zhang (1990) argue that to deviate from the social marginal cost scheme to an alternative pricing policy will result in sizable efficiency costs. They have shown that constant returns to capacity construction does not guarantee break-even financial performance even under the social marginal cost pricing if capacity expansion is lumpy. They show that the financial performance of an infrastructure authority under lumpy capacity expansion depends to a large extent on the time path of traffic growth and the size of the existing capacity.

The long run marginal costs of producing a trip includes all variable costs including time and infrastructure costs. If infrastructure capital is divisible, in equilibrium, short and long run marginal cost pricing lead to the same result. However, the argument is that long run marginal cost pricing is appropriate when capital is lumpy. It is, therefore, more reasonable that the infrastructure would be over or under built since it can be added to in only discrete units. If it were under built long run marginal cost would be less than short run marginal cost and thus prices would be lower with long run than short run cost based pricing. This would cause an increase in congestion with no corresponding increase in congestion fee revenue and thus the infrastructure would remain under built for a longer period than would be the case with short run marginal cost pricing. If the infrastructure were over built, long run marginal cost would exceed short run marginal cost and thus the infrastructure would be underutilized. The level of congestion would be lower since there would be

excess capacity. The overinvestment would continue for a longer period than with short run pricing.<sup>1</sup>

#### 4.0 STATUS QUO AND MULTI-PART PRICES

Urban infrastructure is priced in most cases using a loose two-part tariff; license fee and gasoline tax. Although road pricing is both desirable and technically feasible it is unlikely to be widely instituted. Tolls are charged for some infrastructure but this generally represents a small proportion of the total capital stock. Tolls are generally set on the basis of a cost recovery or financing rationale rather than efficient pricing. Tolls on roads in Japan generate significant revenues over expenses while just the opposite is true in the US and many European countries. If the toll is too low relative to an optimal level too many users will crowd the facility. Since the consumer surplus will be counted on the benefit side but the externality will not be counted on the cost side, too much capacity may be provided. Fuel taxes are also used to finance rather than to ration the use of infrastructure. In any network there are heavily traveled routes and some lightly traveled; for example, urban/rural roads or expressways/residential streets. The fuel tax is a compromise. It is too low to reflect the high costs and high use in urban areas and too high to reflect the low costs and use in rural areas. The fuel tax,  $t_F$ , will exceed the toll resulting from marginal social cost pricing on light routes and fall short of the toll on congested routes.

Does the use of tolls or this two-part tariff bias the investment in infrastructure? A community which sets tolls arbitrarily but still seeks to maximize the net benefits of users will adjust capacity to compensate for the constraint of the level at which fuel taxes are set.<sup>2</sup> The 'average' fuel tax will result in too much rural capacity and too little urban capacity to offset the bias of the fuel tax. On urban roads the 'underpricing' of infrastructure increases quantity demanded. The value of these trips to the user will be less than the cost to society. This increase is mitigated by limiting capacity and hence imposing a time cost. The level of capacity will be less than what is necessary to minimize the total costs of trip-making, including time costs. Furthermore, rationing through the time dimension will create a 'latent' demand which will flood capacity as soon as it becomes available. The more time elastic travel is the greater this potential latent demand effect is. On rural (or residential streets) there will be extra capacity to compensate for the higher than efficient road price. The marginal value of the trip to the user is greater than what it costs society. Capacity

<sup>1</sup> Prices will fluctuate with changes in demand with congestion in the long run as well as the short run. To abandon congestion pricing would be to abandon efficient pricing yet it seems that the prices developed under long run costing are peak load prices not congestion prices. Under stable long run prices off-peak users would contribute more than would be the case under short run marginal cost pricing. Peak users would pay less since there would be fewer rents available prior to capacity expansion since more capacity is available than would be the case with short run marginal cost pricing.

<sup>2</sup> see Mohring, H. "The Role of Fuel Taxes in Controlling Congestion" (paper presented at the World Conference on transportation research, Yokohama 1988)

will be greater than is necessary to minimize the costs of this trip-making to the community.

The use of two-part (or multi-part) prices is generally based on two arguments. First, they are less complex than prices derived from marginal social costs and they are much easier to administer. Second, the argument is made that a peak load fee is more acceptable to the public who generally are not knowledgeable about infrastructure pricing. The price is seen as a cost recovery scheme rather than an issue of efficient pricing.

The combination of license fees and fuel taxes is one example of a more general approach to pricing and financing infrastructure, a multi-part tariff structure. Indeed, in the case of common costs second best pricing may use the Ramsey rule to allocate common costs. This is a form of two-part tariff using the Ramsey rule for allocation. Another rule may be to set the fixed fee equal to some portion of consumer surplus until all fixed costs are covered. If there is a move to two or multi-part tariffs, does the replacement of marginal social cost pricing with a two-part tariff bias investment?

Spulber (1989) shows that with decreasing costs (due to scale or density economies) or the presence of non-allocatable costs, welfare improvements can be made with two-part pricing and the second best two-part price need not lead to marginal cost pricing. With an entry fee and a variable charge, the fixed fee has two effects; how much is purchased due to an income effect, and some customers are excluded from the market altogether. The first effect influences how much of the variable product is purchased and thus the magnitude of 'variable' revenues. The second effect affects the number of entry fees collected. Thus, setting high license fees will not only affect how much people would drive through the impact on disposable income but also there will be those who simply do not license their vehicle. Total road use would decrease. There is clearly a trade-off between the fixed and variable portion of the two-part tariff. Indeed the set of Pareto optimal two-part tariffs can be very large. Depending on what set of assumptions one wants to use, it can be established that the second best core allocations can be attained by setting the variable fee equal to the marginal cost and the fixed fee equal to the per user fixed costs. Therefore, variable costs are covered by variable charges and fixed costs are covered by fixed charges. It may also be the case that a portion of the fixed charge is covered by the variable fee. There would therefore not be a one to one correspondence between fixed fees and fixed costs. The degree to which prices are marked up above marginal costs will depend upon the relative income effects and the fixed fee. If, for example, greater weight is given to the income effect, prices will be greater than marginal cost and a smaller proportion of the total revenues will be obtained from the fixed charge (Ng and Weisser, 1974).<sup>3</sup>

Two-part pricing schemes are the norm in pricing transportation infrastructure. Road authorities require the payment of a fixed license fee and

<sup>3</sup> If all consumers are treated as identical, have log-linear utility functions and [even] have different incomes, the second best optimal per unit price equals marginal cost.

fuel taxes to use facilities. Airports charge a landing fee and levy a fuel tax.<sup>4</sup> It is not clear whether the ratio of fixed to variable charge is in the same ratio of fixed to variable costs or indeed if the ratio is optimal. Mohring (1988) shows that a single fuel tax rate with or without a deficit constraint (fixed charge or license fee revenues) will result in overpricing underutilized infrastructure and underpricing overutilized infrastructure. He notes that even when full cost recovery is achieved, as fuel taxes deviate more from optimal road prices, the welfare losses are significant. However, he also notes that there are some combinations of fuel tax and cost recovery level which yield relatively small welfare losses. This result is conditional on a number of factors including urban gainers compensating rural losers. In general, however, it will depend on the nature of returns to scale, the lumpiness of capacity expansion and the extent of non-assignable costs. It is *feasible* that a combination of input taxes (fuel) in conjunction with a fixed charge such as a license fee can provide a solution for which there is a relatively small welfare loss compared to first best pricing. This result, not surprisingly, will depend on the extent to which a jurisdiction has underinvested in capacity.<sup>5</sup>

#### 4.1 PRICING AND COST RECOVERY

Cost recovery requires information only on costs while pricing requires this as well as demand information. There are two ways to set cost recovery targets. One is to simply set the target as selected by government policy; perhaps 100% or perhaps less. User charges would then be established to achieve this target. These prices would not be socially optimal although they may certainly be second best; Ramsey pricing or two-part prices, for example. The reason the prices may not be optimal is because the cost recovery target chosen may not be consistent with marginal social cost pricing. Thus, although the prices may be market clearing, they may give the wrong signal to demanders. The alternative is to select a pricing policy and accept the cost recovery target implied by the pricing policy. For example, if one were to select marginal social cost as the basis for pricing and there were some decreasing costs due to scale or density economies, revenues from the application of this pricing principle would fall short of total costs. One would be forced into a second best situation if full cost recovery was desirable but this second best pricing would generally yield a higher level of welfare than the approach of setting the cost recovery target because the objective is to have efficient pricing. Costs are recovered but with the constraint that prices be as efficient as possible. In the former case the constraint was that all costs be recovered. The difference is that the constraint in one is the objective in the other. It may very well turn out that the same Ramsey pricing or two part pricing scheme would be established under the two approaches but there is no guarantee of this.

<sup>4</sup> Some airports vary the landing fee depending on time of day. This peak-load charge is termed a 'capacity financing charge'.

<sup>5</sup> Mohring (1988) notes that the extreme congestion in some urban areas is more the result of inefficient investment in capacity than it is the failure to introduce efficient pricing.

The difference between these two approaches can be seen with the following example. Consider two types of roadways, large roadways with relatively flat cost functions exhibiting constant returns and small roadways exhibiting falling average costs. If a cost recovery target of 100% is selected, the large roadway can achieve this with average or social marginal cost pricing. The small roadway cannot recover all costs with marginal [social] cost pricing since marginal cost is less than average cost. Since the objective is to recover costs, any pricing policy which accomplishes this objective is satisfactory including average cost. On the other hand if the objective is to have efficient infrastructure pricing at these roadways, cost recovery targets will flow from the pricing principle. The large roadway has a 100% cost recovery target; that is, given social marginal cost pricing or two part pricing (fixed fee and variable fee) the cost recovery target which is optimal is 100%. For the small roadway the 'optimal' cost recovery target is less than 100%; that is, the cost recovery target which is consistent with efficient pricing for a roadway exhibiting this type of cost function is less than 100%. The first best solution is to have the deficit financed from a lump sum tax. If it is deemed that deficits should be financed within the mode there are two alternatives. First, finance the deficit from any surpluses which occur on roadways in the system where there is complementarity between the surplus and deficit roadway. Second, use a second best pricing scheme such as Ramsey pricing or a two part scheme whereby a fixed fee is levied against users and a variable fee is set to cover variable costs. Notice in this case the choice of a pricing principle to recover the costs is governed by the criteria of efficiency.

#### 4.2 COSTS AND DIVISIBILITIES

Social marginal cost pricing has been advocated by many economists as the first best pricing strategy for congested transportation services, such as airports, highways, canals, and ports. However, a question which arises is whether the revenue generated from social marginal cost pricing is sufficient to cover the cost of capacity investment required in the future. Under the assumption of perfect divisibility of capacity expansion, Mohring and Harwitz (1962); Mohring (1970, 1976), and Keeler and Small (1977) showed that the revenue from congestion tolls imposed on a highway will exactly equal the capital cost of capacity investment if the construction of the highway capacity exhibits constant returns to scale. This is the basic cost recovery theorem due to Mohring and Harwitz (1962) which was generalized by Strotz (1964) under various assumptions regarding the characteristics of the highway network. This theorem also contained the implicit assumption of perfect divisibility of capacity expansion.

Deweese (1979), has shifted research attention away from the estimation of the congestion function to the question of whether there are constant, increasing, or decreasing returns to capacity expansion. Once the degree of returns to scale has been identified, the relationship between the congestion tolls and the capacity cost can be determined. However, these relationships will require modification if there is any indivisibility in the provision of road capacity. Oum and Zhang (1990) investigate the long run relationship between congestion toll revenue and the capital cost of an airport. They develop a model of investment which explicitly incorporates the lumpy nature of capacity expansion and the demand

fluctuations within a given day and over time. Optimal user charges and the timing of capacity expansion are both derived from the model. They find that the cost recovery ratios under social marginal cost pricing and optimal investment will depend significantly on both the time pattern of traffic growth and the amount of initial capacity in place. The conventional cost recovery theorem no longer holds when capacity expansion is lumpy. Furthermore, the larger the existing capacity, the higher the ratio of congestion toll revenue to capacity expansion cost.

One of the important results of their study is that when the initial capacity is low, an investment cycle that begins with a high growth rate of traffic followed by a relatively low demand growth results in a higher cost recovery ratio, as compared to the case with an opposite time pattern of traffic growth. However, when the initial capacity is large, the time pattern of traffic growth has roughly the opposite effect on cost recovery. They advocate the implementation of social marginal cost pricing with time-varying price schedules in which the user charges are increased as the volume/capacity ratio increases and reduced after a capacity expansion.

## 5.0 SUMMARY AND CONCLUSIONS

In this essay I have stepped back to examine the approaches to pricing and their relationship to capacity. It is clear that optimal pricing is not enough and that optimal investment must also be considered. Indeed, it is optimization which is at issue which means moving beyond supply side management involving expanding capacity or simply pricing to finance it.

The recommendation that roadways be priced at their marginal social cost has been stressed by economists for the last four decades. If there are constant returns to scale in the provision of capacity and perfect divisibility in capacity expansion, marginal cost pricing will efficiently allocate existing capacity, fully recover all costs and will lead to the optimal level of capacity over the long term. If one considers all links in the network as composing capacity, the divisibility assumption does not appear to be unreasonable. This would not be true on a link by link basis.

Returns to scale and divisibility are not the only considerations when establishing the basis for infrastructure pricing. First best pricing makes assumptions on the extent of marginal cost pricing in other parts of the economy which have high cross-price elasticities with the transport sector, the degree of information contained in prices and the allocation of cost responsibility. Because of common costs, multiple users, lack of competition among firms which both produce and demand transportation services, the significant movement in marginal costs over the investment cycle and the lack of acceptance of pure efficiency pricing, some have argued for a shift to long run marginal cost pricing. The primary benefits of this pricing approach are claimed to be greater price stability which reduces the uncertainty and transactions costs of variable prices, infrastructure prices become more reliable for private investment planning, reducing the probability that the relative costs of transportation in a region will undergo significant shifts over time, capital costs are fully recovered and allocated in a fair manner inter-generationally and the prices require no

information on demand. This approach to pricing recovers costs and provides some benefits but at the cost of efficient facility use over time and perhaps with excess capacity.

Efficient infrastructure pricing has been the exception rather than the rule despite a broad and significant literature which has pointed out the gains such pricing offers. Even in those instances where 'more-efficient' pricing has been introduced it has been termed pricing for financing rather than efficient pricing. Experiments in Singapore and Hong Kong have demonstrated the technical ability to introduce road pricing and the proposal for Cambridge has improved upon this ability. Yet it is clear that efficient pricing is unlikely to be widely implemented. Second best pricing schemes offer some opportunity to move in the right direction. The second-best tariff literature clearly indicates that a combination of fixed and variable charge can yield welfare improvements over cost-based [cost recovery] pricing.

## REFERENCES

- Arnott, R., Andre de Palma and R. Lindsey, "Economics of a Bottleneck", Journal of Urban Economics, 27, (1990), 111-130
- Arnott, R., Andre de Palma and R. Lindsey, "Schedule Delay and Departure Time Decisions with Heterogeneous Commuters", Transportation Research Record, 1197 (1988), 56-67
- Baumol, W. A. and D. Bradford "Optimal Departures from Marginal Cost Pricing", American Economic Review, 60 (1970), 265-283
- Deweese, D. "Estimating the Time Costs of Highway Congestion", Econometrica, 47, (1979), 1499-1512
- Friedlaender, A. The Dilemma of Freight Transport Regulation, Brookings Institution, Washington (1969)
- Friedlaender, A. and S. Mathur "Price Distortions, Financing Constraints and Second Best Investment Rules in the Transportation Industries", Journal of Public Economics, 18, (1982), 195-215
- Gillen, David and Tae Oum Transportation Infrastructure: Pricing Investment and Cost Recovery, Report prepared for the Royal Commission on National Passenger Transportation, Ottawa (1991)
- Kahn, A. The Economics of Regulation, Vol. 1, John Wiley & Sons, New York (1970)
- Keeler, T. and K. Small "Optimal Peak-Load Pricing, Investment and Service Levels on Urban Expressways", Journal of Political Economy (1977)
- Knight, F., "Some fallacies in the Interpretation of Social Cost", Quarterly Journal of Economics, 38 (1924), 582-606
- Levine, M.E. "Landing Fees and the Airport Congestion Problem", Journal of Law and Economics, 12 (1969), 79-108



- Mohring, H. "The Role of Fuel Taxes in Controlling Congestion" (paper presented at the World Conference on Transportation Research, Yokohama, 1988)
- Mohring, H. and I. Harwitz Highway Benefits : An Analytical Framework, Northwestern University Press, Evanston, Illinois (1962)
- Mohring, H. "Profit Maximization, Cost Minimization, and Pricing for Congestion-Prone Facilities", Logistics and Transportation Review (1984), 27-36
- Mohring, H. Transportation Economics, Ballinger Publishing Co. Cambridge MA. (1976)
- Morrison, S. "A Survey of Road Pricing" Transportation Research, 20A, (1986), 89-97
- Newberry, D. "Road Damage Externalities and Road User Charges", Econometrica, 56, No. 2, (1988), 295-316
- Ng, Y.K. and W. Weisser "Optimal Pricing with a Budget Constraint: The Case of the Two-Part Tariff" Review of Economic Studies, 41 (1974) 337-345
- Pigou, A. The Economics of Welfare, London: MacMillan (1920)
- Small, Ken Urban Transportation Economics (mimeograph 1990)
- Small, Ken, Clifford Winston and Carol Evans Road Work: A New Highway Pricing and Investment Policy, Washington, DC: Brookings Institution (1989)
- Spulber, D. Regulation and Markets, The MIT Press Cambridge, Massachusetts (1989)
- Strotz, R. Urban Transportation Parables, in Public Economics of the Urban Community, Julious Margolis, (ed.), John Hopkins University Press, Baltimore (1964)
- Train, K. Optimal Regulation: The Economic Theory of Natural Monopoly, The MIT Press, Cambridge, Massachusetts (1991)

## LES EFFETS REDISTRIBUTIFS DU PEAGE URBAIN

Jean-Loup Madre, Directeur de Recherche, INRETS, Paris

L'usage de la route fait traditionnellement partie des services collectifs fournis gratuitement par les administrations. Comme dans d'autres secteurs (santé, éducation,...), la crise du "welfare state" amène à s'interroger sur la gratuité de ces services dans la mesure où elle est susceptible d'engendrer un gaspillage de ressources rares, notamment dans une période où les fonds publics sont de plus en plus limités. Surtout à partir des années 70, deux éléments du service de voirie sont passés progressivement dans le secteur marchand [Madre, 1982]: le stationnement urbain en raison de sa rareté, et les autoroutes de liaison en vue de gager les investissements très importants nécessaires pour rattrapper le retard de la France dans ce domaine.

La déconnection entre le financeur et le bénéficiaire permise par l'appel aux fonds publics conduit à s'interroger sur les effets redistributifs de ces mécanismes [Madre, 1987]. Le passage d'une partie du service de voirie dans le secteur marchand modifie le comportement des usagers selon leurs préférences, leur capacité à payer et le maintien ou non d'alternatives gratuites dotés d'une qualité de service moindre. Le suivi des effets redistributifs garde donc tout son intérêt.

Comme le péage urbain n'a pas connu d'applications anciennes en Europe, on ne peut raisonner que par simulation ou par analogie. Les comparaisons seront menées avec les éléments de voirie déjà passés dans le domaine marchand : les péages autoroutiers, bien qu'ils concernent les déplacements inter-urbains, et le stationnement payant, bien qu'il ne frappe pas directement la circulation; ces dépenses sont suivies pratiquement depuis leur apparition dans les enquêtes de l'INSEE auprès des ménages (Transport ou Budgets de Famille).

Deux types de simulations seront présentés :

-le premier repose sur des modèles développés à l'INRETS : PRESSE [Papon, 1991] et DAVIS-EQUILIBRE [Barbier-Saint-Hilaire, 1991], appliqués à des projets de voirie souterraine à Paris et à Lyon,

-le second constitue une application de la méthode des préférences déclarées dans des enquêtes conduites à Marseille et à Grenoble [Leblanc, 1991].

Avant d'esquisser les résultats, il nous faut présenter l'outil qui nous servira à mesurer les effets redistributifs. L'encadré donne les règles d'interprétation des indicateurs de progressivité; il suffira au lecteur pressé pour comprendre les tableaux de résultats.



## LECTURE DES INDICATEURS DE PROGRESSIVITE

Négatif	Régressivité : prélèvement pesant plus sur les ménages modestes (ex : la poll tax), ou avantage bénéficiant principalement aux ménages aisés (ex : financement des grandes écoles,...)
0	Transfert proportionnel au revenu, Neutralité pour un tableau de dépenses ou de mobilité,
100	Avantage égal pour tous, Neutralité pour un tableau de pourcentages,
Positif	Progressif : Prélèvement frappant davantage les ménages aisés (ex : l'impôt sur le revenu), ou avantage concernant principalement les plus pauvres (ex : le Revenu Minimum d'Insertion,...).

## 1- COMMENT MESURER LES EFFETS REDISTRIBUTIFS ?

Les effets redistributifs sont ceux qui relient un prélèvement (impôt, taxe, péage,...) ou un avantage (prestation sociale, usage d'une infrastructure,...) à une variable rendant compte des inégalités entre les ménages. Ici, nous ne nous intéresserons qu'aux inégalités sociales mises en évidence par le revenu, et non aux inégalités spatiales qui constituent également un enjeu important du péage urbain.

La vision la plus complète est fournie par l'analyse des distributions; elle permet notamment de montrer les propriétés d'optimum de Pareto de certaines solutions [Papon, 1991]. Devant la lourdeur de l'information statistique mise en jeu, il semble toutefois nécessaire de construire des indicateurs synthétiques. L'analyse des effets redistributifs repose sur deux types de mesures :

-la progressivité, qui rend compte de la structure d'un transfert (prélèvement ou avantage) abstraction faite de sa masse totale,

-et l'incidence, qui rend compte de ces deux aspects.

Nous n'utiliserons ici que les mesures de progressivité, car c'est l'étude des mécanismes du péage urbain qui nous intéresse, alors que les montants mis en jeu sont encore mal connus tant qu'il n'aura pas été mis en oeuvre.

Donnons nous tout d'abord quelques définitions. Un transfert sera dit "régressif" quand il augmente l'inégalité initiale des revenus : par exemple un avantage bénéficiant plus aux riches qu'aux pauvres, ou un prélèvement frappant davantage les bas revenus. Dans le cas contraire, un transfert sera dit "progressif" (par exemple l'impôt sur le revenu ou l'aide sociale). Tous les économistes ne sont pas d'accord sur la frontière entre ces deux domaines, appelée "neutralité" [Kolm, 1976] :

-pour la plupart des auteurs, un transfert est considéré comme "neutre" quand il est proportionnel au revenu,

-pour d'autres, un avantage neutre est "égal pour tous"; remarquons que cette définition ne semble pas généralisable à un prélèvement (la "poll tax" par exemple).

Nos indicateurs seront étalonnés sur ces deux définitions de la neutralité. Comme l'échelle Celsius des températures est basée sur 0°C (fonte de la glace) et sur 100°C (ébullition de l'eau), de même on impose à notre indicateur de progressivité la valeur 0 pour un transfert proportionnel au revenu, et la valeur 100 pour un avantage égal pour tous. L'élasticité du transfert par rapport au revenu comporte aussi ces deux références: elle vaut 1 pour la neutralité classique et 0 pour le transfert égal pour tous. Toutefois, nous ne la retiendrons pas comme indicateur de progressivité, car elle n'a pas la propriété de décomposabilité, qui nous a paru essentielle quand on étudie un système redistributif complexe.

Soient deux transferts, dont les montants totaux sont notés  $t'$  et  $t''$ . La progressivité  $P(t)$  sera dite "décomposable" si :

$$P(t' + t'') = \frac{t' \cdot P(t') + t'' \cdot P(t'')}{t' + t''} \quad (1)$$

L'autre propriété qui nous a paru essentielle est l'indépendance par rapport à l'étalon monétaire (les physiciens parleraient d'indicateur "sans dimensions"). Les comparaisons dans le temps (compte tenu de la dérive monétaire) et dans l'espace (entre pays ou entre villes) s'en trouveront facilitées.

Finalement, nous retiendrons la formule de progressivité suivante :

$$P(t) = k \cdot \text{sgn}(t) \sum_i (t_i / \bar{t} - r_i / \bar{r}) \cdot f(r_i) \quad (2)$$

avec :

- k une constante calculée de manière à étalonner notre indicateur sur la valeur 100 pour un avantage "égal pour tous"; l'étalonnage à 0 pour un transfert proportionnel au revenu se déduit de la formule (2);

-  $\text{sgn}(t)$  le signe du transfert; ainsi, par exemple, la progressivité de la "poll tax" sera -100;

-  $f(r_i)$  une fonction des revenus liée à la mesure d'inégalité associée à la progressivité [Madre, 1987]. On aura par exemple  $f(r_i) = i$  rang de l'individu  $i$  par ordre de revenu croissant pour l'indicateur associé à la mesure de Gini et  $f(r_i) = (r_i/r)^e$  pour la mesure d'Atkinson de paramètre  $e$ . Selon les valeurs du paramètre  $e$ , on a pu rattacher à la famille d'Atkinson plusieurs indicateurs classiques: l'écart logarithmique ( $e=1$ ), la mesure de Theil ( $e$  tendant vers 0) et le coefficient de variation ( $e=-1$ ). On remarquera enfin que plus  $e$  est grand, plus l'indicateur surpondère les bas revenus; réciproquement, plus  $e$  est négatif, plus les données sur les ménages à revenus élevés ont de poids dans les calculs. L'indicateur équi-pondéré n'a pas d'intérêt, car il est identiquement nul. Celui qui s'en approche le plus est l'indicateur de Theil, puisque sa pondération est  $\log(r_i)$ , c'est pourquoi nous l'avons choisi pour établir les tableaux figurant dans cette communication.

Abordons enfin le problème de l'univers et des unités statistiques. Nous considérerons d'abord l'ensemble des ménages pour montrer comment l'essor de l'automobile a modifié les effets redistributifs de l'usage de la voirie et des dépenses (particulièrement de celles de péage et de stationnement). Puis nous restreindrons l'analyse aux automobilistes concernés par les projets de péage urbain pour comparer l'impact de différentes hypothèses de mise en oeuvre (péage d'infrastructure ou de zone, niveau des tarifs,...). Quant aux unités statistiques, lorsque nous avons parlé d'un transfert "égal pour tous", est-ce pour tous les ménages ? pour tous les individus ?... Une bonne mesure des niveaux de vie amène à choisir un point de vue intermédiaire en raisonnant par unité de consommation; comme les ventilations selon le revenu par unité de consommation sont disponibles pour les trois dernières enquêtes Budget de Famille, nous pourrions améliorer dans la section 2 les estimations figurant dans nos travaux antérieurs, qui reposaient sur des ventilations selon le revenu global du ménage quelle que soit sa composition. Dans la section 3, l'unité statistique sera l'automobiliste ou le déplacement.

## 2 - PAR COMPARAISON...

Depuis la guerre, la diffusion de l'automobile vers les ménages modestes a entraîné une régressivité croissante des prélèvements importants qu'elle supporte (diminution de l'indicateur de progressivité) [Madre, 1987]. Depuis les années 80, le développement de la seconde voiture -à partir des couches aisées de la population- a stoppé ce mouvement, et l'a même légèrement inversé. C'est ce que l'on constate au tableau 1 sur l'exemple des dépenses de carburant.

Comparés aux achats de carburant, qui concernent tous les automobilistes de manière relativement uniforme, les péages, et surtout les frais de stationnement, sont beaucoup plus concentrés chez les ménages aisés (progressivité élevée). Malgré l'extension du réseau d'autoroutes, cette concentration des péages vers le haut de l'échelle des revenus s'est même accentuée au cours du temps; cette différenciation croissante des comportements ne s'observe pas pour tous les critères socio-démographiques, puisque la part du kilométrage sur autoroute est devenue pratiquement uniforme en fonction de l'âge du chef de ménage. Quant aux dépenses de stationnement, leur progressivité est élevée (forte concentration chez les ménages aisés) et oscille au cours de la période étudiée.

## 3 - ... ET PAR SIMULATION

Situons-nous maintenant dans l'univers des automobilistes concernés par un projet de péage urbain (tunnel ou zone centrale). Les deux simulations que nous avons utilisées ont été menées selon des méthodes très différentes :

- les modèles DAVIS-EQUILIBRE, appliqué au périphérique envisagé pour Lyon, et PRESSE, concernant les projets de voirie souterraine à Paris, reposent sur la valorisation des gains de temps; c'est leur "valeur du temps" qui a servi d'échelle de référence pour la mesure des effets redistributifs entre les automobilistes; elle est supposée en moyenne proportionnelle au revenu;

- les préférences déclarées dans deux enquêtes, tant à propos d'un projet de tunnel qu'au sujet du péage en centre-ville; la taille des échantillons est faible (487 interviews réalisées à Marseille et seulement 200 à Grenoble), ce qui limite la portée des observations quand on souhaite les ventiler selon le niveau de revenu.

Ces simulations ne fournissent pas d'estimations de la mobilité, mais des proportions d'automobilistes choisissant telle ou telle alternative dans l'hypothèse de tarif retenue. En vertu de la formule (1), la moyenne des progressivités des différentes alternatives - pondérées par les proportions de choix dans l'ensemble de la population - sera égale à 100, qui est la progressivité correspondant à l'affectation d'un 100% "égal pour tous". Comme la mobilité croît nettement en fonction du revenu, sa prise en considération aurait translaté les progressivités vers le 0 de notre échelle, qui correspond à un transfert proportionnel au revenu. Ces chiffres ne sont donc pas strictement comparables à ceux de la section précédente.

Nous analyserons tout d'abord les effets redistributifs des avantages correspondant à l'usage de la voirie payante et des différentes solutions alternatives, puis ceux du prélèvement constitué par le péage. Nous montrerons aussi comment ces effets varient en fonction du tarif envisagé.

### 3-1. Des usagers potentiels plutôt plus aisés que les autres automobilistes

Comme on l'a constaté dans la section 2, les tableaux 2 et 3 montrent que les automobilistes qui sont prêts à payer pour utiliser une infrastructure sont en moyenne plus aisés (progressivité inférieure) que ceux qui envisagent les solutions alternatives (transports en commun ou voirie classique gratuite). Quand le péage est nul ou faible (2 F), ce choix dépend peu du revenu (progressivité généralement proche de 100). Quand le tarif s'élève, les comportements deviennent plus différenciés.

Toutefois, les variations de la progressivité en fonction du tarif de péage ne sont pas toujours monotones. On observe un rebroussement vers la neutralité pour des tarifs élevés (à partir de 9 F à Grenoble et de 15 F à Marseille). Par ailleurs, le modèle DAVIS-EQUILIBRE montre une différenciation beaucoup plus nette que les enquêtes de préférences déclarées; en effet, il repose sur l'hypothèse d'une liaison forte entre revenu et valeur du temps, qui ne transparait pas dans les déclarations des ménages (tableau 4). D'après d'autres travaux [ITS-TSU, 1987], il semble que la valeur du temps ne croît que faiblement avec le niveau de revenu.

Quant aux projets de zone payante en centre-ville (tableau 5), les automobilistes qui décaleraient leurs horaires pour échapper au péage ont un revenu en moyenne un peu plus faible que ceux qui sont prêts à payer. Le péage aux heures où la circulation est fluide est mal perçu [Leblanc, 1991]; il n'est accepté que par des ménages aisés, surtout s'il atteint 8 F. Les autres variations en fonction du tarif ne sont en général pas monotones, donc guère explicables.

### 3-2. Le péage et sa prise en charge

En première approximation, l'effet redistributif du prélèvement constitué par le péage est égal et de signe opposé à celui de l'avantage tiré de l'usage de l'infrastructure. C'est ce qui apparaît au tableau 2 où seule la longueur de

périphérique empruntée vient moduler le péage. Deux autres facteurs peuvent déconnecter les effets du prélèvement de ceux de l'usage : la tarification (abonnements,...) et la prise en charge de la dépense (par le ménage ou par son employeur).

Sur ce deuxième facteur, les enquêtes de Marseille et de Grenoble fournissent une indication précieuse. Le tableau 6 montre que dans ces deux villes, la proportion des automobilistes qui peuvent répercuter cette charge sur leur employeur est maximale au deux extrêmes de l'échelle des revenus; elle est minimale chez ceux qui n'ont pas souhaité déclarer leurs ressources à l'enquêteur. Nous avons calculé la progressivité des péages (tableaux 3 et 5) sur la part restant à la charge du ménage, en ne retenant dans ce cas que le motif "loisirs" quand le ménage a les deux possibilités de prise en charge. L'effet redistributif des péages répercutés sur les employeurs devrait être analysé comme celui des taxes sur la production, ce qui nécessiterait une information sur les branches concernées; ce type de mécanisme, médiatisé par l'appareil productif, a en général un effet redistributif pratiquement neutre [Foulon, 1978 et 1980]. Le correctif introduit quand on ne retient que les péages restant à la charge des ménages entraîne généralement un renforcement de la régressivité par rapport à l'hypothèse de répartition des péages au prorata de l'usage.

Combinons maintenant les avantages tirés de l'usage de la voirie (gains de temps,...) et les prélèvements opérés par les péages pour calculer le surplus des usagers (tableau 7). Il est d'autant moins régressif qu'on concentre le péage sur la voirie nouvelle. En outre, des péages élevés (prise en compte de la contrainte financière) renforcent la régressivité du système. Rappelons que ces calculs ont été réalisés dans le cadre du modèle PRESSE, et que les usagers ont été classés en fonction de leur valeur du temps et non de leur revenu.

Ceux qui sont prêts à payer pour améliorer leurs conditions de circulation ou pour accéder au centre-ville ont en moyenne des revenus plus élevés que les automobilistes qui préfèrent rester sur la voirie classique ou prendre des transports collectifs moins onéreux. Utiliser une partie des ressources dégagées par le péage urbain pour financer les transports collectifs [Jones, 1991] aurait donc un effet progressif certain. De plus, si l'on se fie à l'analogie avec le stationnement payant et avec les péages sur autoroute, cet effet tendrait plutôt à se renforcer au cours du temps malgré l'extension de ces mesures.

Par contre, les autres résultats reposant sur les préférences déclarées par les automobilistes à Marseille et à Grenoble semblent peu structurés par leur revenu, qu'il s'agisse par exemple de la valeur du temps ou de la possibilité de répercuter le péage sur un employeur. Il n'apparaît pas non plus de relations stables entre la progressivité et les tarifs de péage. Mais il est vrai que la faible taille des échantillons limite beaucoup la précision pour des observations trop détaillées.

## BIBLIOGRAPHIE

- E. Bloy, A. Bonnafous, J.M. Cusset B. Gerardin, 1977 "Evaluer la Politique des Transports". Economica Paris. P.U.L. Lyon.
- F. Barbier-Saint-Hilaire, 1991 "DAVIS plus EQUILIBRE version II.1" MAIA-INRETS.

- A. Foulon, 1980 "Anticipation de l'Impôt et Redistribution". Consommation n° 1 1980.
- A. Foulon et G. Hatchuel, 1978 "les effets Redistributifs des Finances Publiques en 1965 et 1970". Consommation n° 3 1978.
- I.T.S. (Leeds) and T.S.U. (Oxford), 1987 "the Value of Travel Time Savings". Policy paper.
- P. Jones A. Hervik, 1991 "Restraining Car Traffic in European Cities: an Emerging Role for Road Pricing". Transportation Research A.
- S.C. Kolm, 1976 "Unequal Inequalities". Journal of Economic Theory n° 12 et 13.
- F. Leblanc, 1991 "Analyse des Comportements des Usagers des Voitures Particulières en présence de Péage Urbain". Conférence Internationale sur les Comportements de Déplacement. Québec.
- J.L. Madre, 1982 "Les Transports entre l'économie Marchande et l'économie Non-marchande". Rapport Crédoc.
- J.L. Madre, 1987 "Intervention Publique et Transports de Voyageurs" Paradigme. Caen.
- J.L. Madre, 1991 "Quelques éléments de réflexion sur les effets Redistributifs du Péage Urbain". Entretiens Jacques Cartier. Lyon.
- F. Papon, 1991 Thèse "Les "Routes de Première Classe" : une tarification différenciée de la circulation en agglomération pour en améliorer l'efficacité économique de manière socialement équitable". Thèse de doctorat, mention "urbanisme", option "transport". Université de Paris XII. INRETS. Arcueil. Avril 1991. 4 tomes.
- F. Papon, 1991 "Les "Routes de première classe" : un péage urbain choisi par l'usager". Quatrièmes entretiens Jacques Cartier : la régulation des déplacements urbains par leurs prix. Lyon 4-6 Décembre 1991. 19 pages.

TABLEAU 1

EVOLUTION DE LA PROGRESSIVITE DES DEPENSES DE PEAGE  
ET DE STATIONNEMENT

Indicateur de Theil pondéré par unité de consommation

	1973-74	1979	1984	1989
Carburant	-27	-54	-46	-32
Péages	(24)	38	55	110
Stationnement	(120)	144	68	156

Sources : INSEE Enquête Transport 1973-74 et Enquêtes Budget de Famille 1979, 1984 et 1989.

TABLEAU 2

PROGRESSIVITE DU PEAGE D'INFRASTRUCTURE : SIMULATION  
PAR "DAVIS-EQUILIBRE" APPLIQUE AU PROJET DE TUNNEL A LYON

Indicateur de Theil

PEAGE	NUL		PREVU		OPTIMUM	
	Ensemble	dont : Travail	Ensemble	dont : Travail	Ensemble	dont : Travail
Usage Voirie Gratuite	127	104	148	144	142	138
Usage du Tunnel à Péage	89	98	-68	-69	-126	-128
Péage (1)	(-89)	(-98)	66	67	119	121
Gain de Temps	93	103	-47	-48	-108	-111

Source : INRETS

(1) contrairement aux expériences de préférences déclarées (Grenoble et Marseille), on ne dispose pas ici d'informations sur la prise en charge éventuelle du péage par un employeur.

(2) maximisant la recette de l'exploitant.

TABLEAU 3

## PROGRESSIVITE DU PEAGE D'INFRASTRUCTURE : PROJETS DE TUNNEL

Indicateur de Theil

TARIF	Gratuit	2 F	5 F	9 F	15 F
USAGE DE LA VOIRIE					
GRENOBLE Tunnel		59	42	81	163
MARSEILLE :					
-Tunnel	87	89	68	52	77
-Reste sur la Voirie Gratuite	120	105	125	133	115
Change pour les T.C.					
GRENOBLE		217	242	137	-2
MARSEILLE	120	123	134	132	111
PEAGE					
GRENOBLE		-154	-158	-171	-184
MARSEILLE	(-92)	-104	-91	-71	-93

Source : CETUR

TABLEAU 4

## VALEUR DU TEMPS (1) SELON LE REVENU

	GRENOBLE	MARSEILLE
moins de 8.000 F	26	27
8 à 10.000 F	24	29
10 à 14.000 F	29	26
14.000 F ou plus	25	28
Non déclaré	29	25
Ensemble	27	27

Sources : CETUR

(1) C'est celle qui se déduit du rapport Péage/Temps gagné pour l'option d'usage du tunnel choisie en premier; on n'a retenu dans le classement que les options où le temps gagné est fixe, et non celles où il est spécifié en terme de fourchette.

TABLEAU 5

## PROGRESSIVITE DU PEAGE DE ZONE EN CENTRE-VILLE

Indicateur de Theil

TARIFS ENVISAGES			
Grenoble	3 F	6 F	10 F
Marseille	2 F	5 F	8 F
USAGE DE LA VOIRIE DU CENTRE			
Grenoble : Paye	130	84	128
Marseille :			
Paye en Circulation Fluide	72	72	66
Paye en Circulation Dense	90	100	91
Décale ses Horaires pour ne pas payer	109	119	117
PEAGE			
Grenoble :	-68	-15	-91
Marseille :			
circulation dense	-134	-143	-145
circulation fluide	-99	-104	-96

Source : CETUR

TABLEAU 6

## PRISE EN CHARGE DU PEAGE SELON LE REVENU

	vous-même		employeur		les deux		TOTAL	
	Grenoble	Marseille	Grenoble	Marseille	Grenoble	Marseille	Grenoble	Marseille
< 8.000 F	38	34	39	50	23	16	100	100
8 à 10.000 F	44	41	37	34	19	25	100	100
10 à 14.000 F	65	47	20	36	15	17	100	100
14.000 F ou plus	50	42	43	44	7	14	100	100
non déclaré	64	59	18	22	18	19	100	100
Ensemble	51	43	32	39	17	18	100	100

Sources : CETUR

PROGRESSIVITE DU SURPLUS ENGENDRE PAR UN PROJET  
DE VOIRIE SOUTERRAINE A PARIS

## MODELE PRESSE

	SURPLUS DES USAGERS ET DES EXPLOITANTS REPARTI		
	au prorata de	également entre les usagers	
Sans investissement, avec péage sur voies existantes:			
optimum socio-économique	-479	-47	63
Avec investissement, avec péage sur voies nouvelles et sur voies existantes:			
-Optimum financier	-165	-59	5
-Optimum socio-économique sous contrainte financière	-111	-68	-29
-Optimum socio-économique	-81	-71	-59
Avec investissement, péage sur voies nouvelles mais pas sur voies existantes:			
-Optimum financier	-86	-57	-23
-Optimum socio-économique sous contrainte financière	-82	-67	-50
-Optimum socio-économique	-67	-70	-74
Avec investissement, sans péage ni sur voies existantes ni sur voies nouvelles:			
optimum socio-économique	-18	-50	-226

Source : INRETS

Guide de lecture : Dans les colonnes 2 et 3, on combine par la formule (1) de décomposabilité, le surplus des usagers (colonne 1) et celui des exploitants. Quand on ventile ce dernier au prorata du revenu (colonne 2), on lui affecte la progressivité 0; quand on le répartit également entre les usagers (colonne 3), sa progressivité est 100. Nous axerons donc les commentaires sur le surplus des usagers, dont la progressivité ordonne les lignes du tableau, les colonnes 2 et 3 s'en déduisant de manière assez mécanique.

## **SUBSIDIES, TAXES AND PRICES: THEIR ROLES AND EFFECTS IN TRANSPORTATION PLANNING IN VANCOUVER, CANADA**

**Trevor D. Heaver & Lennart & Henriksson**  
**Centre for Transportation Studies -University of British Columbia**  
**Vancouver, B.C., Canada**

Vancouver, British Columbia, is like many communities. The relationships of transportation and land use are giving rise to growing traffic congestion at a time of heightened concerns about the degradation of the environment and the burden of public expenditures. New approaches are being sought to resolve the conflicts of urban population growth, transportation congestion, environmental protection and budgetary constraints. Heightened recognition is being given to the use of the various methods of transportation demand management. Yet, change is impeded by the slowness of public attitudes to change, the lack of innovative approaches and the lack of knowledge about current, practical developments elsewhere. There is need to share information about programs in other cities so that the barriers to change described here can be overcome.

Vancouver is a young, growing city. It was founded in 1886 when the Canadian Pacific Railway was extended to the fiord-like site which is now the main harbour. Mountains rise quickly to the north but the Fraser River delta immediately to the south provides a substantial area for urban growth, although it is fragmented by the river. The excellent harbour and the substantial land area have enabled the regional population to increase to 1.5 million. The form and shape of the urban area reflect the geography and the transportation and related land-use decisions made over time. Figure 1 shows the site and the municipalities of the Greater Vancouver Regional District.

In spite of distinctive local features, Vancouver faces issues common to many urban areas. While the community has attractive living environments and reasonably convenient travel, it is at a crossroads. Policies have been followed that have encouraged transport intensive land use patterns. The construction of new roads without charges for peak users and the subsidization of transit have sustained land use patterns associated with long journeys to work. There is now a desire to reduce journey lengths and make less use of the automobile. However, achieving change is very much affected by the incidence of the financial burden of transport. Indeed, the Vancouver experience shows that the incidence of costs among governments is vital to the policies followed, and may be more important than the incidence of costs and benefits among citizens. However, the financial difficulties of governments are a source of pressure for change.

The development of urban transportation is affected significantly by administrative practices: who decides on investments and policies; who pays; and how funds are raised. All of these practices should be reviewed when new

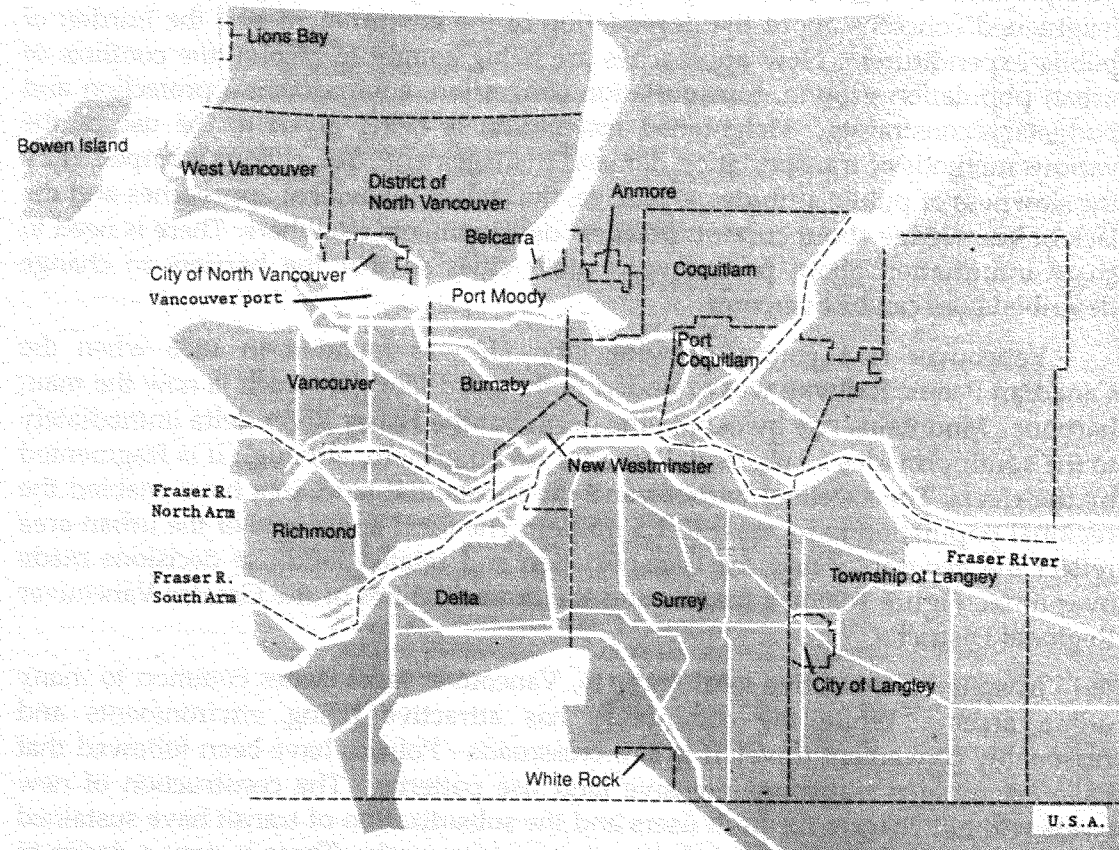


approaches to transportation are considered. However, the ramifications of change can be far-reaching for institutions, their employees, travellers, and taxpayers. There can be understandable resistance to change, which is often rooted in past and current practices. It is important, therefore, to recognise the historic institutional regime under which transportation has developed.

This paper describes the evolution of organizational responsibilities for transport in Vancouver. It then describes the financing arrangements, especially the changing incidence of costs and the mechanisms of revenue generation.

Figure 1

The site and Municipalities of the Greater Vancouver Regional District



Pressures for change are identified and the attitudes towards changes including more direct road pricing strategies are explored. The paper concludes by suggesting the information which may be useful to assessing policy options in the development of the community's transportation system.

## I ORGANIZATIONAL STRUCTURE AND RESPONSIBILITIES

The organization structure under which urban transportation has been provided in Vancouver has reflected the history of services and the attitudes towards them. It has affected the projects selected for implementation and their funding. While the structure has changed significantly over time, it has left a legacy of fragmented decision making which inhibits the development of integrated community transportation and land-use systems, and hinders changes to transportation financing.

### 1. The separate treatment of highways and transit

An important aspect of the fragmented decision making has been the separate treatment of highways and transit. This has two main dimensions. The first is organisational.

*a. Governmental responsibilities for highways.* The federal government has few direct responsibilities for roads in Canada; an example is roads on federal properties, such as airports. More substantial federal involvement has been in special programs such as the Trans-Canada Highway. Highways and transit are considered "local undertakings," which places them under provincial jurisdiction. Within provinces, the responsibilities of the local governments are established by each province. In British Columbia, under the Highways Act, the province pays all capital and maintenance costs for primary arterial roads, shares capital costs for secondary arterials 50-50 and maintenance costs for these roads 40 percent provincial, 60 percent municipal. The charter of the city of Vancouver, however, is unique in the province, as the city is responsible for the planning, funding and operation of all roads. Provincial and federal involvement arises only under special conditions, for example, when bridges under their control end within the city.

The division of responsibilities has had two implications for the structure of urban transportation in Vancouver. First, the municipalities adjacent to Vancouver have major highways, including freeways, built at the expense of senior governments, which encourage low density, car-oriented suburbs. The city of Vancouver has no freeway within it, however. The city has received provincial assistance on specific projects such as bridges but not on the upgrading of its arterial street system. Second, the division of responsibility for highways and transit between different agencies discouraged integrated planning and management. It was not until 1988 that responsibility fell under a single minister, the Minister of Transportation and Highways.

*b. Public attitudes to highways and transit.* The second dimension to the fragmented approach to highways and transit is behavioural. In the post-war period of rapid growth of automobile traffic and growing congestion, the popular approach, here as elsewhere, was to increase road capacity. Little attention was given to transit. However, it was the unwillingness of the province to fund freeways proposed for Vancouver in 1950 which was the immediate reason that they were not built. It was only during the 1970s that public attitudes changed in favour of transit in high density corridors. It is even more recent that the change in attitudes has led to a more coordinated approach involving transit and highway elements. Vancouver is



only now developing its first high occupancy vehicle lane.

A result of the separate treatment of highways and transit is that much of the history of organisational development relevant to this paper deals with transit.

## 2. Organisational developments for transit

As early as 1890, the B. C. Electric Railway Company commenced operating streetcars in Vancouver. This origin left Vancouver with two important legacies. First, the transit systems in the major cities of Vancouver and Victoria came to be closely linked with the power industry. Trolley buses are still important in Vancouver's services. The transit systems were operated by the private power company, B.C. Electric, until 1961, when the company was nationalised and became the Crown corporation, B.C. Hydro and Power Authority. The second legacy results from that takeover; the provincial government plays a major role in the transit system.

The provincial Crown corporation assumed responsibility for transit at a time of significant growth in the population of the metropolitan area, leading to pressures for major new investments in the transportation infrastructure. The organisational framework within which investments in transit were made, evolved slowly and amid much controversy. Beginning in the mid-1960s, four significant developments occurred that are important to the structure of present day transportation decision-making.

First, regional political institutions were established. In 1967, the provincial government established the Greater Vancouver Regional District (GVRD) to facilitate regional planning. The GVRD had administrative powers in some areas, such as water supply and sewage. In the early 1980s, it was responsible for regional transit revenue collection and service recommendations to provincial agencies responsible for the planning and operation of transit services. It lost this role in 1983, when the province set up a regional transit commission composed of elected local officials, selected by the province. The limited regional input to transit decisions has been a continuing issue in the relationship between the provincial government and regional interests. However, the case for a strong regional role in transit was weakened by the lack of consensus among municipalities on transit goals and funding. A particular concern of some municipalities was the potential for domination by the views of Vancouver. Also, the region always expected that the provincial government would accept an increasing share of the financial burden of transit. The issue of the role of the GVRD continues today.

Second, the provincial government commenced to play a more prominent role in the investment decisions on transit. During the 1970s, especially after the election of a new democratic government in 1972, investments were made to enable significant extensions of bus services into suburban areas. While the planning and investment in the services became the responsibility of the Bureau of Transit Services, established in the Department of Municipal Affairs in 1973, the losses from the services in the Vancouver (and Victoria) regions continued to fall heavily on B.C. Hydro. The routes selected for new bus services were long and generated low density ridership. Between 1972 and 1975 route miles increased by 89%, transit operating mileage increased by 60%, while the number of passengers per transit mile

operated decreased by 17%.<sup>1</sup> It was a period of rapidly escalating transit losses for B.C. Hydro, as costs rose, distance-related fares were denied and fares remained the same for several years; Figure 2 shows the escalation of losses from 1970 to 1980. The growing involvement of the provincial government led to changes in the organisation structure described later.

Third, public sentiment gradually turned away from road investments as a solution to traffic congestion and related issues in built-up areas. The public was not willing to pay the costs or accept the environmental consequences. It turned to transit as the appropriate solution. Transit was an important part of the GVRD's "Livable Region Strategy," adopted by the member communities in 1975 as a vision for the future. The Strategy had some 25 objectives ranging over economic, social and environmental matters. Transportation figured prominently because of its wide ramifications. Rapid transit along the general alignment subsequently followed by the light rail system, was seen as key to the Regional Town Centres Policy of the Strategy. This Policy was expected to focus higher density development in the suburban communities, thereby bringing work place and residence closer together and reducing the amount of transportation required. The Strategy was intended to be reviewed after ten years.

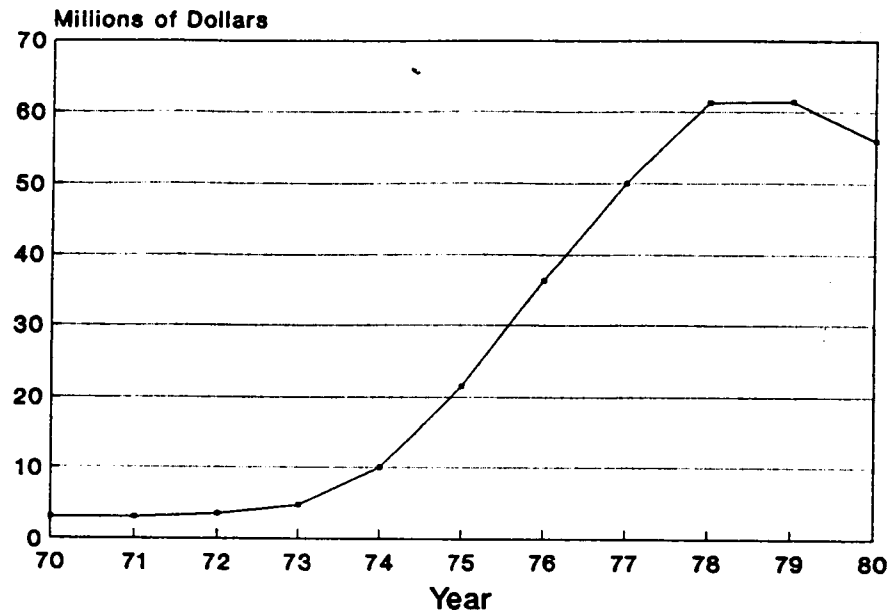
The attitude towards highways was soon reflected when the city of Vancouver rejected a proposed third crossing of Burrard Inlet, the major port area of Vancouver. It proved unacceptable, in part, because of expectations that a new crossing would simply aggravate road congestion in the downtown peninsula. Instead, the money that the provincial government had set aside for the project was transferred to a new ferry system, the SeaBus, which commenced service in 1977.

Fourth, there has been dissension about the division of responsibility for transit among the levels of government. It remains an important issue. Changes which have been made in the organisation structure over time reflect the pragmatic evolution of provincial-municipal relations under dynamic economic and political conditions.

In 1978, the province integrated separate transit administration programs into the Urban Transit Authority. Previously, the government had been involved with transit in the Vancouver and Victoria regions through its ownership of B.C. Hydro, and in other municipalities through the Ministry of Municipal Affairs. While this simplified the provincial government structure, the Authority still had to deal with B.C. Hydro, regional districts, such as the GVRD, and local governments both within and outside the districts. The framework for future development of the organisational structure was established by the passage of the British Columbia Transit Act of 1979. The Act paved the way for the establishment in 1980 of the Metropolitan Transit Operating Company to take over transit from B.C. Hydro. However, this did not resolve the dispute about the service planning roles of the GVRD and the Urban Transit Authority, which became BC Transit in 1982. Finally, in 1983, the Vancouver Regional Transit Commission was established by the province to assume responsibility for service planning. This ended the role served by the GVRD.

<sup>1</sup> Report on Transportation, Vancouver City Engineering Department, 1976, pp.130-132.

Figure 2  
B.C. Hydro & Power Authority  
Passenger Transportation Losses : 1970-80 (Vancouver and Victoria)



Note : 1980 figure excludes \$38 million loss shown as extraordinary item.

Source : B.C. Hydro, 1980 *Annual report*, p.36

A brief description of the current organisation structure is necessary . Figure 3 is an organisation chart . The provincial government has made a single Crown corporation, BC Transit, reporting to the Minister of Transportation and Highways, responsible for the planning, development, operation and maintenance of transit . The purposes of BC Transit as laid down in the legislation may be found in Appendix 1 . BC Transit is headed by a board appointed by the provincial government and composed of locally elected municipal officials and private sector representatives from throughout the province . The board is responsible for approving the annual operating and capital plans for the Vancouver region. These plans are developed by the Vancouver staff of BC Transit for the Vancouver Regional Transit Commission (VRTC) . The VRTC is composed of elected officials from communities in the Vancouver metropolitan area, who are appointed to the Commission by the province . The budgets flow from plans for fares, services and performance levels for each of the components of transit service in the Vancouver region . In developing service plans, BC Transit consults with the individual municipalities and various public groups . The actual operation of transit services is the responsibility of four units: BC Transit which operates the SeaBus, bus and trolley-bus services; Custom Transit which is responsible for a contracted mini-bus service for the handicapped; West Vancouver Municipal Transportation which continues to operate local buses under contract; and the BC Rapid Transit Company which operates SkyTrain .

The rapid transit route and technology, under discussion during much of the 1970s, were finally selected unilaterally by the province in 1979.<sup>2</sup> The system, known as SkyTrain, was commenced with a 22 kilometre line using an innovative light rail Canadian technology . SkyTrain uses a pre-existing rail tunnel in downtown Vancouver, but operates on elevated tracks over most of its length . The trains are automated . SkyTrain came into service in January, 1986, at a cost of \$854 million . Phase II, a 3 kilometre extension across the Fraser River was opened in March, 1990, at a cost of \$179 million . Phase III is a 4.3 kilometre extension to be opened in mid-1993; the estimated cost is \$147 million . Other extensions to the system are under study.

Decision making and funding for the rapid transit system have been at the heart of provincial and regional differences over transit for about 20 years. Controversy currently surrounds the planning and decision processes for future additions to the rapid transit system . While local governments are pleased with the changes that have been made in the funding arrangements recently, they are dissatisfied with the level of local responsibility in decision making. However, the province sees financial responsibility as closely tied to the decision-making process.

## II FINANCING TRANSIT

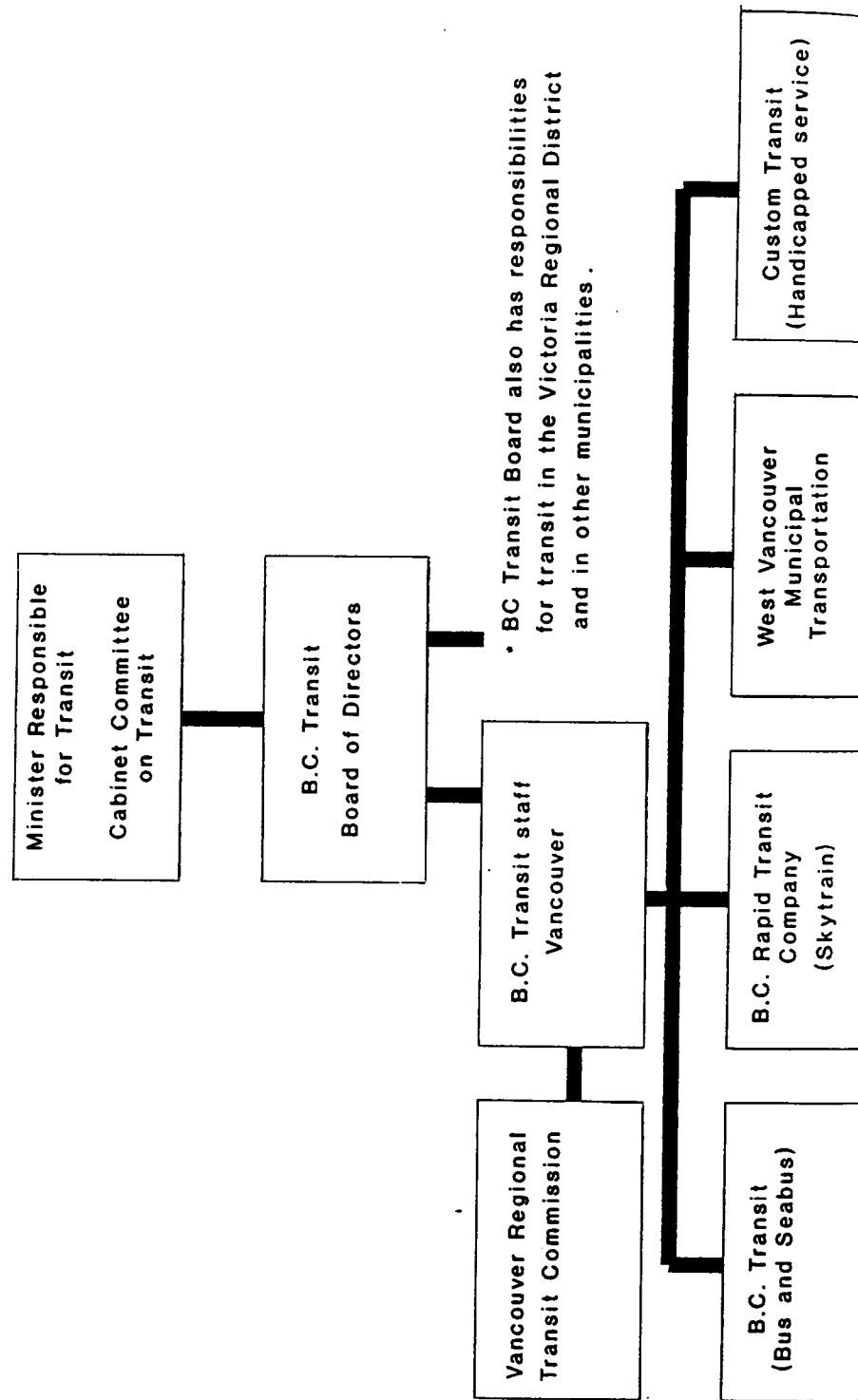
Financial responsibility for transit has changed dramatically over the last 20 years as the organisation structure has been changed . Two major aspects of financing are reviewed: the sharing of responsibility among governments, and the mechanisms by which the governments have funded their shares.

### 1. Financial responsibility

Government involvement in funding transit in Vancouver has its roots in the takeover of BC Electric in 1961 . However, funding transit remained the responsibility of BC Hydro for a number of years . Growing competition from the automobile resulted in a deteriorating financial performance by transit so that the provincial government commenced to make grants in 1968 to reimburse the company for losses incurred . By 1977, the subsidy had increased to \$52.6 million, an amount which still left BC Hydro with losses to be made up from revenues derived from its power customers . This led to the attempt to rationalise the organisation structure and financing .

<sup>2</sup> As in Paris, in the late 1890s, an international exposition brought things to a head. In Paris, however, the decision was in favour of local control.

Figure 3  
Organization of Transit  
for Greater Vancouver (1991)



However, the establishment in 1978 of the Crown corporation, now known as BC Transit, to assume sole responsibility for transit in the province did not resolve the controversy or uncertainty concerning funding. The funding formula introduced with the regulations of 1978 was based on sharing an annual operating deficit between the province and the region, where the costs included lease fees as a percentage of book value. However, the high capital costs of rapid transit was argued by local politicians to require a new approach to funding transit. A new formula was not in place when the SkyTrain project was announced and the initial formula was controversial. This was in spite of a system of grants towards the capital and interest costs of Phase I of SkyTrain. The payments commenced in 1986 and will continue until 2008. They will total \$765 million over the period, for an average of over \$33 million a year.

Nevertheless, local politicians argued that the region was being asked to pay for a system with high capital costs which had been selected "over their heads." In 1991, new regulations were issued to reflect a sharing of costs rather than the deficit, with the revenue from fares simply include in the region's share. Some responsibility had been left with the region for the capital costs of Phases I and II of SkyTrain. In October 1991, during an election campaign, the governing party announced that a policy to assume full responsibility for the capital costs of structures for each Phase of SkyTrain. It thus adopted the policy of the opposition party (subsequently elected to office) that it would treat rapid transit like a primary arterial road and cover the full capital cost, including in Vancouver. Of course, the province will not receive any offsetting taxes from transit. Table 1 sets out the details of the current cost-sharing regulations, amended consistent with this policy. They differentiate between the infrastructure and other costs of SkyTrain, as well as the different types of transit.

The total costs of transit services are to be shared between BC Transit (the province) and the Vancouver Regional Transit Commission in proportions varying with the nature of the service and the type of cost. The Commission's share of the costs includes the revenue raised from fares. Total costs of conventional transit, that is SeaBus, bus and trolley-bus systems, are to be shared 31.2 and 68.8 percent respectively by BC Transit and the Commission. This distribution applies, also, to the operating portion of SkyTrain costs. The provincial share of the total cost of Custom Transit, a service for the handicapped, is set at a higher 56.2 percent. The province will be responsible for the capital costs of SkyTrain infrastructure.

Table I  
Financial Responsibilities for Transit in Vancouver, October 1991

Conventional Transit <sup>a</sup>	
	Percentage
Provincial share of all costs	31.20
Provincial share of all costs	68.80
Custom Transit <sup>b</sup>	
Provincial share of infrastructure	56.20
Regional share of all costs	43.80
Rapid Transit <sup>c</sup>	
Provincial share of infrastructure capital costs	100.00
Provincial share of vehicle capital costs	73.75
Provincial share of operating costs	31.20
Regional share of infrastructure capital costs	0
Regional share of vehicle capital costs	26.25
Regional share of operating costs	68.80

<sup>a</sup>Conventional transit in SeaBus, bus and trolley-bus service.

<sup>b</sup>Custom transit is a specialized mini-bus service for the handicapped.

<sup>c</sup>Rapid transit includes rail transit and transit services using exclusively dedicated rights of way.

<sup>d</sup>The former 35 percent contribution of the region to the infrastructure costs for Phase I is being phased to zero over three years.

Source: British Columbia Transit Regulation, April 1, 1991, (modified to reflect government policy) announced October 1991.

## 2. Financing Mechanisms

Provincial funding of highways and transit has traditionally been supported solely from general revenue. However, budget constraints are leading to new approaches. For example, in 1986, the province opened the first section of a new toll road to provide an alternative to the congested Trans Canada Highway in the interior of the province. This is the only toll road in Western Canada. Also, in Phase II of SkyTrain, private developers are contributing to station costs. These developments are evidence that attitudes to funding transportation are shifting in British Columbia, as elsewhere.

Commission funds come from a number of sources. The incidence of the costs is significant. First, passenger fares have been the major source of revenue. In 1986/87, when ridership was swelled by the effects of an international exposition,

fares accounted for 59 percent of the annual operating costs. In 1988/89, the percentage was 52; the budget for 1991/92 is based on a 50 percent recovery. Second, the region is empowered by the BC Transit Act to levy special taxes for transit purposes. There are three tax sources, which are currently as follows: a \$1.90 per month on all residential electrical accounts; a three cents a litre tax on diesel and gasoline sales; and an annual tax on non-residential property. Changes to the level of these taxes is subject to the approval of the provincial government. Table 2 shows the actual costs and revenues for 1988/89 and those budgeted for 1991/92. The Commission's revenues to cost ratio has moved from a surplus to a deficit position.

## III PRESSURES FOR CHANGE

Pressures for change come from a variety of sources. Some pressures are shared with communities in many countries, others have a form distinctive to Vancouver.

First, Vancouver expects to experience continued population growth, driven mainly by migration to the region from other parts of Canada and other countries. The population was just over one million in 1971, is currently one and a half million and is expected to grow to about two million by 2011. This growth will increase pressures on land use and on infrastructure. Accommodating the population growth, while achieving livability objectives, calls for a major assessment of plans and policies.

Second, all levels of government face tight fiscal restraints as the burden of taxes is perceived as important to the international competitiveness of the economy. The provincial government elected in October, 1991, has committed itself to balanced budgets. Tight budget constraints result in reluctance to spend and, also, greater willingness to charge users and other beneficiaries for services rendered. Urban transportation also faces new pressures in the competition for funds as priorities shift to concerns for the environment, health, education and employment.

Third, the cost of current transport policies is escalating. Figure 4 shows the growth of public expenditures for highways and transit in the GVRD since 1986. The size and growth in the costs are of concern to each level of government. The financial performance of the transit system has also been slipping, as shown by the decreases in revenue to cost ratios evident in Figure 5. This has been caused by increases in operating costs per passenger not being matched by increases in revenues, as shown in Figure 6. Continuation of these trends and fiscal restraint may not be compatible.

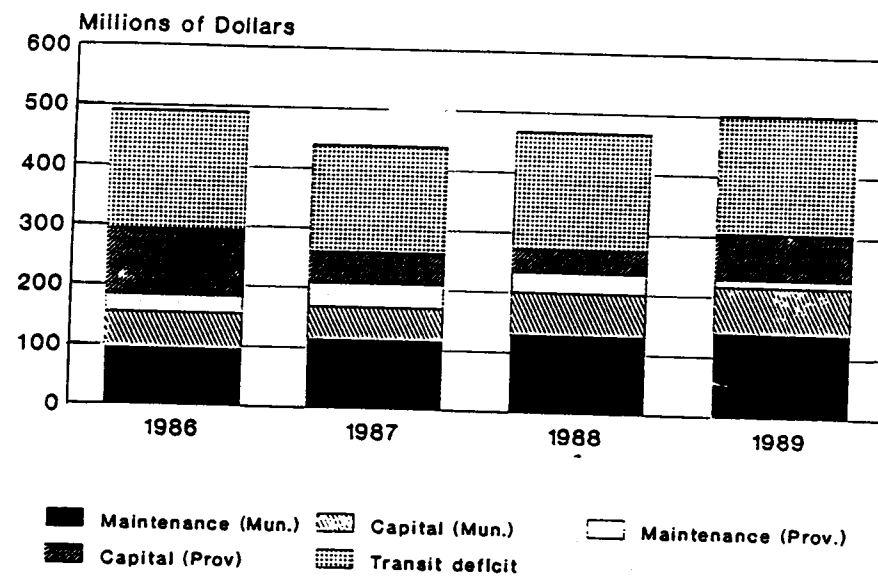
Fourth, concern for the environmental impact of the automobile has heightened over the last decade as global issues have been added to local concerns with air quality. The example of the California experience and the policies being adopted there, are significant influences on attitudes in Vancouver. The region has some air-quality problems arising from its valley location. The population, accustomed to a little-spoiled environment, has high sensitivity to environmental quality issues. The importance of air quality and other environmental issues was evident in the Livable Region Plan.

Table 2  
Costs and Revenues of Transit in Vancouver actual 1988/89 and budgeted 1991/92

	1988/89		1991/92	
	\$ million	Percent	\$ million	Percent
<b>Transit Costs</b>				
Operating costs	193.9	59	263.7	60
Fixed costs (lease payment)	133.1	41	174.2	40
Total	327.0	100	437.9	100
<b>Funding Sources</b>				
Provincial Contribution	155.7	48	206.2	47
Commission Contribution				
Fare revenues	101.6	31	133.1	30
Local Sources*	69.7	21	98.6	23
Total	327.0	100	437.9	100
<b>*Details of Local Sources</b>				
Gas tax	48.6		46.5	
Property tax	21.3		24.1	
Power levy	9.9		12.8	
Interest	2.2		2.6	
Total	82.0		85.0	
Surplus (Deficit)	12.3		(13.6)	

Source: B.C. Transit

Figure 4  
Actual Highways Expenditures and Transit Deficits in Greater Vancouver (1986-1989)



Sources : B.C Ministry of Municipal Affairs, Municipal Statistics (various years)  
B.C. Transit, 1991 Service Plan - B.C. Ministry of Transportation and H

Figure 5- Vancouver Regional Transit System  
Comparison of Costs with Fare Revenue (1985-1990)

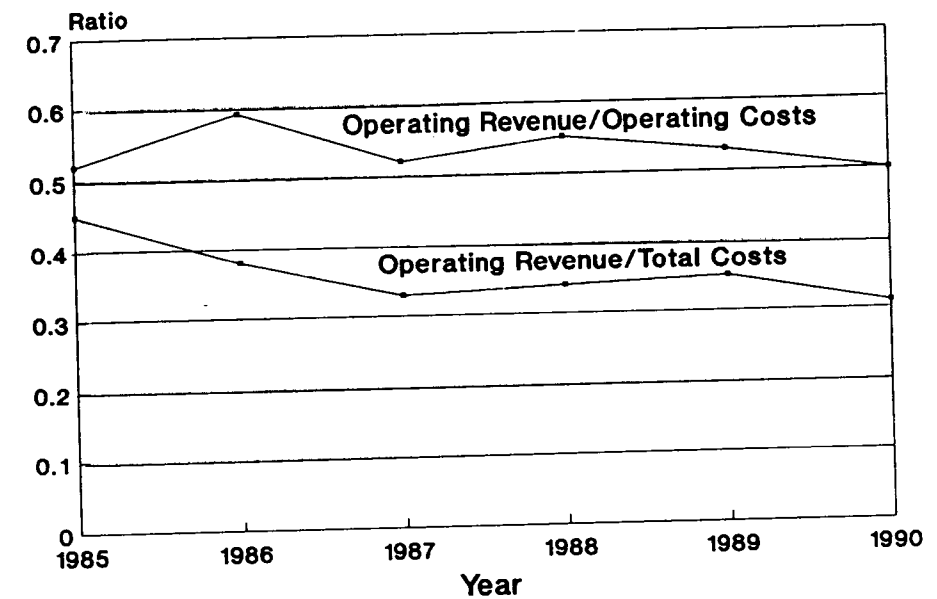
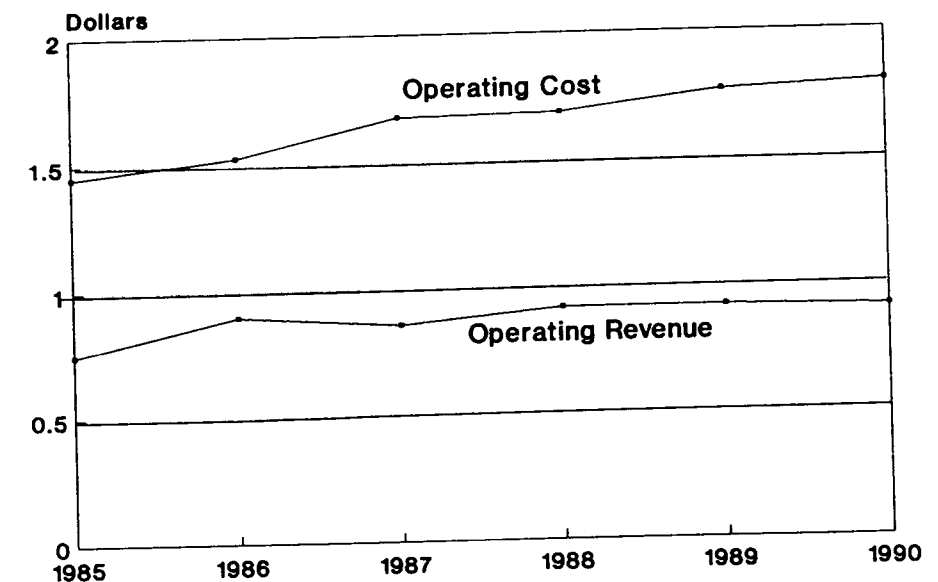


Figure 6 - Vancouver Regional Transit System  
Operating Cost and Operating Revenue per Revenue Passenger (1985-1990)



Source : B.C. Transit, 1991 Service Plan

Fifth, Vancouver and neighbouring municipalities are dissatisfied with current development trends. A review, undertaken by the GVRD during the late 1980s of the achievements of the Livable Region Strategy, led to a series of reports, under the title, "Choosing Our Future". The review indicated that the policies followed over the last 15 years have been ineffective in encouraging closer proximity of work and residential location. The data show that the "population and labour force have increased substantially in the farthest areas from the Vancouver zone, while employment opportunities increased mostly in the Vancouver zone."<sup>3</sup> Further, the proportion of people living and working in the same zone decreased in all but one zone. "This trend indicates that the 'Living Close to Work' strategy has been ineffective."<sup>4</sup> It is recognised that this finding has important implications for future transportation policy.

The policies to guide the future development of transportation services acknowledge the importance of maintaining high accessibility to downtown Vancouver, but give increased weight to serving regional town centres (RTCs) with transit and to developing increased linkages among the RTCs. It is proposed that "policies designed to restrict or control automobile access must be developed hand-in-hand with increased public transit facilities."<sup>5</sup>

Such conclusions indicate that "many tough policy decisions are required, and are required soon. ....allocating scarce resources is not easy."<sup>6</sup> As a part of the strategic policy development process, the GVRD in conjunction with the provincial Ministry of Transportation and Highways has initiated a project called "2021", which is designed to focus on the implications of alternate transport policies for the development of the region.

#### IV FUTURE TRANSPORT POLICIES AND ISSUES

Before considering future transport policies in Vancouver, it is appropriate to consider the general context in which they are developed. Factors influencing politicians choices are vital.

##### 1. Factors in policy selection

Policies are made against the usual background of high uncertainty. In particular, the future effects of fossil fuels on the environment and the policies that will be adopted to mitigate automobile emissions remain unknown. However, current planning is based on the presumption that while measures will be taken for environmental reasons which will slow down the rate of traffic growth, overall growth will still take place. Environmental standards are expected to be met by emission controls and measures such as the use of alternate fuels, not by a major

<sup>3</sup> *Choosing Our Future, Living Close to Work*, Greater Vancouver Regional District, May 1990, p. 11.

<sup>4</sup> *Choosing Our Future, Living Close to Work*, Greater Vancouver Regional District, May 1990, p. 23.

<sup>5</sup> *Choosing Our Future, Town Centres and the Livable Region*, Greater Vancouver Regional District, April 1990, p. 45.

<sup>6</sup> *Choosing Our Future, Town Centres and the Livable Region*, Greater Vancouver Regional District, April 1990, p. vi.

overall reduction in the use of the car.

Selection among alternate transportation policies will be based on several criteria. Prominent among them will be the extent to which policies are believed to contribute to the development of regional town centres (RTCs), which are seen as central to the economic, environmental and social conditions. The effects of transportation policies on the RTCs will carry more weight than the "efficiency" of transport. "Choosing Our Future" seeks to achieve mobility with "affordable" transport; affordable for the individual as well as for society.

Translating policies into programs which electors will accept is difficult. What will be acceptable is uncertain. Acceptability is influenced by the change introduced in a program, the pressures for change, the incidence of benefits and costs and the probability of program success. In general, change that seems radical will only be accepted when the pressures for change are great and the probability of "success" high. What are the implications of this for change in transport policies and programs in Vancouver, including the introduction of road pricing?

##### 2. Policy alternatives and issues

Vancouver is already shifting to attitudes conducive to traffic management measures favouring transit over the private car. However, the programs introduced are modest and of the type that have been in place elsewhere for a considerable time.

Buses have been provided with special access lanes to congested bridges and tunnels for some time. Also, limited lengths of bus-only lanes exist on major routes. However, the regions first high occupancy vehicle lane system is being constructed in 1991. While still facilitating the use of private cars, it is placing new restraints on their use. These supply side management measures are also being introduced when important investments in roads are still being made. These are removing some significant traffic bottlenecks and improving the capacity of main roads. However, there is a growing expectation, recognized in "Choosing our Future", that the engineering approach must be complemented with economic measures designed to affect travel demands. Examples include revised parking charges and various forms of road pricing. Introducing such measures would represent a significant change from past policies. Achieving change will be difficult.

*a. The reasons for change.* The high and growing subsidies to transit, especially SkyTrain, have the main effect of enhancing route capacity for peak travel and, thereby, of holding down the cost of work trips. The effect of the current policy is to encourage long distance work trips at the expense of the general taxpayer. The policy may facilitate the development of central regional town centres, such as New Westminster, as well as the Vancouver business district, but it does not encourage proximity of residence and work because travel is subsidised. In general, it is conducive to centralised work places and more high density living. It has been successful in shifting a small number of car users to shift their work trips to transit. However, in practice, it does nothing to discourage the use of the automobile for work trips on congested roads. The transit tax applied to fuels is small and is borne by all motorists, irrespective of the route used or time of day travelled. It is not a "rationing device" for the use of road space. The tax does very little to encourage any change in travel behaviour or location of residence. Thus, the policy is not



consistent with the livable region plan.

Another reason for change is the growing burden of subsidies. Although the burden of the subsidy is widely dispersed, a substantial portion is shifted to the province's general tax base. This will become an issue as the subsidy grows, as the pressures to avoid budget deficits increase, and as the population outside the Vancouver region becomes dissatisfied with the burden imposed on them. The GVRD currently has 46 percent of the provincial population. However, it seems unlikely that the subsidy burden will become an issue within Vancouver. The region benefits from the provincial contributions (although Vancouver residents pay their share). Further, the regional share is distributed amongst three sources in such a way that the level of these taxes is not an issue in local elections.

A further reason for change will be the development of a clearer recognition of the costs associated with low-occupancy automobile commuting. This is occurring slowly as the costs of meeting peak demands rise and as concerns for the environment increase. Even though resolution of environmental concerns will likely be achieved directly through emissions control, a spinoff may be better recognition of the true social cost of peak-time auto trips.

*b. Impediments to change:* The pressures for change, while growing, are less than in many cities. Improvements in the highway system and in transit have held down escalation in traffic congestion. However, now is the time to put in place new regimes to influence land use and transportation developments so that community growth will be consistent with an increased role for transit in the future. This is recognized in "Choosing Our Future". Achieving change will be difficult.

Change is impeded by the organization structure, by the sharing of the subsidies between governments and by the mechanisms for raising the subsidies. The relationship between the Vancouver Regional Transit Commission, the BC Transit Board and the provincial government, leave the responsibility for decisions in doubt. The cost of the decisions for voters is obscured by the burden of deficits being recouped in various taxes. The provincial share of transit subsidies is covered from general taxes; the regional share is raised in three taxes. Thus, the regime lacks visibility and accountability which diminishes the pressures for change.

Changes are also hard to achieve in the Vancouver region because of the diversity of interests represented in the region. Interests vary among the municipalities, and among residents depending on their particular travel requirements. While transit users are known to be subsidized overall, the subsidies to automobile traffic on congested roads at peak times is not well understood.

A final and important impediment to change is limited discussion of alternate funding mechanisms not only for the purpose of raising revenue more directly from travellers but also as a means of changing travel behaviour. Even planners too often think of taxes and prices purely as means of covering costs, rather than as means to influence behaviour or to "ration" consumption. As the transit system is improved, so giving travellers the choice of driving and paying more, or taking transit, becomes viable. Vancouver is only now entering this situation.

*c. Directions for change.* There is growing recognition that the present policy direction should not be continued. This is based primarily on its failure to foster

RTCs and to influence automobile use significantly. However, there is uncertainty about the practical changes that can be made. Therefore, the experience elsewhere with different policies is likely to be crucial to the development of future policies.

Road pricing is recognised as a policy alternative to be considered. It is viewed as a means of exposing automobile users to the costs of their travel decisions and as complementary to the investments in transit. Either a low-technology decal system or a high-technology system might be suited to the Vancouver region with its limited number of crossings of water bodies. The crossings are expensive, are convenient locations for monitoring traffic and, generally, cannot be by-passed over alternate routes. Road pricing with its considerable flexibility for time, route and direction specific charges offers opportunity to adjust travel demands and influence land use development. It would be hard to apply for RTCs, where access may be less confined.

An approach more readily used in various centres might be parking charges. They are not so dependent on the pattern of roads for their practicality. Parking charges are, also, familiar and recognised as a potential policy instrument. The possibility of policy changes which would reduce or eliminate the provision of free parking for employees has been raised previously. Unfortunately, parking charges do not offer the desired flexibility to deter particular road uses. (Vancouver has already raised parking rates somewhat through the city-owned Domtar Parking Corporation.)

Experience elsewhere could also be used in Vancouver to question the appropriateness of the policy of a monopoly supplier of transit services. The focus of BC Transit on operating with large buses to achieve economies of scale to hold down costs incurs severe penalties in the frequency of service. This is recognised as a major deterrent for travellers. It suggests opportunities for other bus operations to find potentially profitable service niches, particularly in services into the regional town centres. These are the main locations currently lacking the desired level of central-place transit service. They are types of service which private firms might be able to provide profitably.

Changes in transportation policy require broad-based support because they affect so many aspects of community life. Unfortunately, Vancouver has a structure for transit subsidies and management which inhibits change. On the other hand, the community has a high concern for the environment and for the quality of its "west-coast lifestyle." Determination to achieve the livable region objectives make the lessons of transport policy developments elsewhere of vital interest.

As communities search for answers, studies of the developing experience may help to refine the appropriate questions. Obvious questions relate to the expected cost, reliability and policing of road pricing. The Hong Kong experiment made evident questions about the preservation of citizen privacy. The introduction of road pricing will be expected to influence travel behaviour and, in the long run, land use. What are the expected effects, and how will they be monitored? How have metropolitan areas with fragmented government managed the diverse interests affected by road pricing? How are changes in transportation integrated with changes in land use planning? What are the major obstacles to introducing pricing and what contributes to overcoming them? How are costs and benefits most



effectively defined and measured? Vancouver joins other urban areas in looking for further information and insights.

## APPENDIX 1

### The Purpose of BC Transit

- 3.(1) The purposes and objects of the authority are to plan, acquire, construct or cause to be constructed public passenger transportation systems and rail transit systems, and to provide for the maintenance and operation of those systems and, to carry out its purposes and objects; it shall
- (a) in accordance with section 18, establish and designate local and regional transit service areas,
  - (b) in accordance with section 18, establish local and regional transit commissions;
  - (c) consult with a municipality in a local transit service area with a view to providing transit services.
  - (d) establish annual operating budgets and capital budgets for each public passenger transportation system and rail transit system under this Act and the budgets for each local and regional transit commission.
  - (e) review all annual operating agreements to ensure that they are consistent with the approved budgets and with the general policy of the authority,
  - (f) for each regional transit service area, provide the transit services and maintain and operate the public passenger transportation system and rail transit system consistent with the approved budgets and with the general policy of the authority, and
  - (g) recommend to the Lieutenant Governor in Council the formulas by which a municipality or regional transit commission may exercise the powers under sections 11 (1)(d), 11.1 (2)(b), 12 and 14.

Source: British Columbia Transit Act, RS Chap. 421, 1989.

## PRICING AS A RESPONSE TO CONGESTION AND AIR POLLUTION IN CALIFORNIA

Professor Martin Wachs - Graduate School of Architecture and Urban Planning -  
University of California, Los Angeles

### INTRODUCTION: CHANGING ATTITUDES TOWARD CONGESTION PRICING IN CALIFORNIA

In the early 1970s the State of California created a new Department of Transportation, integrating several existing agencies and having responsibility to plan, implement and manage transportation projects throughout the state. The California legislature directed the new agency to formulate a long range, comprehensive, statewide transportation plan which would embody policies for accommodating the traffic to be produced by the state's anticipated growth. In support of the planning effort academic experts, consultants, and policy makers around the state produced a variety of "think pieces" which were quite original and creative; public hearings were held, and finally a draft plan was prepared. One element of that draft plan was congestion pricing.

The proposal for congestion pricing resulted from the realization that growing economic, social and environmental costs of new transportation facilities would make it increasingly difficult to provide, over many years, sufficient capacity to keep up with increases in demand. To my knowledge, this was the first time that congestion pricing was seriously considered for implementation by any transportation agency in the United States, though it had often been suggested by scholars and theorists. Despite optimism on the part of economists who promoted inclusion of this strategy in the statewide plan, the draft plan was subjected to brutal criticism by political leaders, business representatives, and finally by state legislators. Congestion pricing was labeled "social engineering," a term which clearly had strongly negative connotations. And, since highways have long been financed in California by taxes levied on gasoline sales, it was argued that congestion pricing would require citizens to pay twice for the use of a facility. Many testified that California would lose out in its competition with other states for new capital investments by industry unless ample transportation capacity was provided, and that we would fail to attract employment opportunities should California have congestion charges while other states did not. In response to such attacks, congestion pricing was rather quickly eliminated from the draft statewide transportation plan, and eventually the state even failed to adopt an integrated transportation plan at all, though it did require planning within the metropolitan areas of the state<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Ross D. Eckert. *California Transportation Planning: Examining the Entrails*. Ottawa, Illinois: Green Hill Publishers, 1979.

Conditions in California and the United States have changed substantially since the early seventies, and today congestion pricing is again being proposed by many - including legislators and business interests - who previously found the notion quite objectionable. The new Intermodal Surface Transportation Efficiency Act, recently enacted by the United States Congress and signed with great fanfare by the President, includes provision for a total of five congestion pricing demonstration projects of which up to three may be on the federal Interstate system. The act allocates government expenditure of up to 25 million dollars per year between 1992 and 1997 to support these projects<sup>2</sup>. In Los Angeles, widely regarded as "the most congested city in America" (although the criteria by which to measure degree of congestion are not at all clear) an extremely influential report, entitled: *Transportation Efficiency: Tackling Southern California's Air Pollution and Congestion*, is being widely circulated. This report asserts that "current problems will persist ... until the prices charged for auto use are brought into line with the true costs of highway travel."<sup>3</sup> The report recommends adoption of a number of transportation pricing policies, including peak period pricing on congested corridors, buying out employer-subsidized parking; non-employee parking fees; annual smog fees based on mileage and emissions performance, and deregulated public transit. In the San Francisco Bay Area, an organization called the Bay Area Economic Forum, composed of business leaders, civic officials, and leading academics, is also advocating congestion pricing, especially on the several bridges which link the central city to the major suburban activity centers and residential communities. I am reluctant to predict that congestion pricing will soon be adopted throughout the state, and a great many political pitfalls stand between present recommendations and future adoption. Nevertheless, the concept is certainly receiving a thorough airing among transportation experts and policy makers.

### CONTEXT FOR THE RECENT CHANGE IN ATTITUDE TOWARD CONGESTION PRICING

The widespread change in perception of congestion pricing reflects a change in American attitudes toward transportation planning generally during recent years. For three decades after the end of World War II, public policy emphasized the construction of new highway and transit facilities in order to remove the backlog of needs which resulted from the combined effects of depression, a war economy, continued urban growth, and accelerating automobile ownership. For the most part, there was consensus among transportation policy makers that their primary goal was to accommodate growth by constructing facilities which would have adequate capacity to handle future demand. It was understood that land use patterns and economic development were the sources of traffic, yet there was general agreement that transportation policy should aim to accommodate forecast

<sup>2</sup> United States Department of Transportation, Federal Highway Administration. *Intermodal Surface Transportation Efficiency Act of 1991: A Summary*, 1991

<sup>3</sup> Michael Cameron. *Transportation Efficiency: Tackling Southern California's Air Pollution and Congestion*. Environmental Defense Fund and Regional Institute of Southern California, March 1991

land use and economic growth rather than to regulate them in order to control traffic.

Views of transportation policy makers have been changing under pressure of at least three kinds. First, traffic congestion has simply been increasing faster than public programs to alleviate congestion. This results largely from population growth, economic growth and increased travel. In fact, in California, vehicle miles of travel (VMT) has been increasing at an annual rate twice as great as population growth<sup>4</sup>. Official government reports and popular media accounts of transportation policy repeatedly point out that average speeds on highways in the Los Angeles region are projected to decline from about 35 miles per hour in 1984 to less than 19 miles per hour in the year 2010, and that an ambitious program to spend \$42 billion on road improvements in just that one metropolitan area would barely keep traffic congestion at its current levels<sup>5</sup>. Second, coupled with growing traffic congestion is a pervasive sense that transportation budgets will in the foreseeable future be limited to rates of growth far below their historical levels. This results, in turn, from strong and widespread public opposition to new taxes and movements to reduce existing taxes, such as the campaign for Proposition 13 in California. The third factor bringing about a major change in the attitudes of transportation decision makers is the increasing difficulty encountered as major capital investment projects, especially highways, are opposed by community groups and environmental coalitions. As a result of these three trends, policy makers today frequently argue that "we can't build our way out of our problems," and that attempts to accommodate growth solely by increasing transportation system capacity impose greater costs on communities than are warranted by their benefits.

In the seventies, this shift in emphasis gave rise to "transportation system management," the augmentation of capacity through low-capital-cost approaches such as traffic signal synchronization and reserved lanes for high occupancy vehicles. In the early eighties, "transportation demand management" was also emphasized, including efforts to promote ridesharing and transit use by workers through a variety of subsidy and incentive programs. In the late eighties this growing movement toward management rather than facility construction has emphasized changes in land use policy and the spatial redirection of economic growth to control traffic at its source. It also has given rise to the serious consideration of congestion pricing as a transportation policy, which is of course the primary topic of this paper. Together, these trends constitute a change in basic direction for transportation planning, and nowhere in the United States has this shift of emphasis been more dramatic than in California, where earlier policy gave greatest emphasis to freeway construction.<sup>6</sup>

<sup>4</sup> California Transportation Commission. *California's Transportation Future: Executive Summary*. October 19, 1989.

<sup>5</sup> Senate Office of Research. *Does California Need a Policy to manage Urban Growth: A report from the Senate Urban Growth Project*, June 1989

<sup>6</sup> Martin Wachs. "Regulating Traffic by Controlling Land Use: The Southern California Experience", *Transportation*, Vol 16, n°3 (1989/1990), pp. 241-256.

## FIRST THINGS FIRST: DEALING WITH SUBSIDIZED PARKING AT THE WORKPLACE

Congestion pricing is, of course, intended to induce more efficient use of the transportation system by more closely aligning the out-of-pocket cost of a trip with the marginal social cost of providing that trip. It is important to recognize that in the Los Angeles region, and to a lesser extent in San Francisco, the widespread provision of free or heavily subsidized parking by employers constitutes one of the most dramatic inefficiencies in transport pricing, and therefore many proponents of transportation demand management and congestion pricing believe that adjustments in parking pricing are a critical step in rationalizing transport in California. A recent study showed that of 172,000 office workers in the Central Business District (CBD) of Los Angeles, some 105,000 drive to work in single-occupant automobiles. Undoubtedly, this high rate of "solo driving" is encouraged by the widespread practice of employers providing employees with parking spaces free of charge or at a small fraction of the posted price.

For example, research has shown that 54,000 of these employees are given free parking privileges in the downtown area despite the fact that the cost to the employer of doing this is often as high as \$200 per month per space. The cost of gasoline for the average journey to work in downtown Los Angeles is \$1.75 per day, and the average daily equivalent cost for parking downtown is \$4.32 per day. Thus, if the employee had to pay directly, the out-of-pocket marginal cost of commuting would be \$6.07 per day (assuming all other automobile ownership costs to be fixed). By providing free parking the employer is bearing 71% of the marginal cost of commuting, and of course this encourages solo driving. An added federal gasoline tax of \$2.56 per gallon or a daily toll of \$4.32 per day would be required just to counter the effect of free employer-provided parking before considering an additional toll to recover additional social costs of commuting.<sup>7</sup>

It is also important to note that the price of parking is an extremely influential determinant of the mode of travel chosen by employees for their journeys to work. The use of public transit, bicycling, vanpooling, and carpooling for the journey to work is much higher among those who must pay to park than among those provided with free parking at the worksite. Six different North American case studies have shown that on average about 40% fewer workers choose to drive to work alone when they must pay for parking, than do when parking is available free of charge.<sup>8</sup>

Given the importance of parking subsidy policy in determining mode choice and the great frequency with which free parking is provided to workers, it seems appropriate to consider public policies oriented to the pricing of parking as a critical element of an overall transportation pricing program which might also include some form of peak hour charge on transportation facilities. If this is not done, one policy (a congestion toll) could easily be defeated by another (widespread free parking).

<sup>7</sup> Richard W. Willson and Donald C. Shoup, "Parking Subsidies and Travel Choices: Assessing the Evidence," *Transportation*, Vol 17, n° 2 (1990), pp 141-157.

<sup>8</sup>Ibid.

Efforts are ongoing in the United States to change the way we deal with parking subsidies. For example, many scholars believe that it would be better for employers to simply offer their workers the cash equivalent of the parking subsidy: rather than providing a parking space which costs the employer \$100 per month, simply provide the employee with the money instead. If the employee chooses to park, he or she would pay the money back to the parking facility; alternatively by cycling, carpooling, or using the bus, the employee could keep the cash savings. Employees would be better off because such a policy would increase the number of options available to them. This policy would also provide an incentive to consider alternatives to driving alone to work, and might greatly reduce peak-hour commuting to work in singly-occupied autos.

Unfortunately, United States income tax law is a culprit here. Presently, a free parking space is not taxed as income by the government, but a cash allowance is taxed in its entirety if it exceeds \$21.00 per month. A coalition of environmental and transit interests is working very hard to change this quirk of the federal tax code, and we believe that a bill will be enacted by the Congress to do so within the coming year. The City of Los Angeles now requires by law that any employee who is given free parking at work must be offered the option of accepting a \$21.00 cash travel allowance instead of the parking space. If the federal tax code is revised, we believe that such requirements will become far more common, and that the low limit in the Los Angeles ordinance on travel allowances payable to employees would be raised.

## PROPOSALS FOR CONGESTION PRICING IN CALIFORNIA

In addition to the prospect of improved efficiency through policies related to parking, there are a number of lively proposals for congestion pricing on the freeways of the Los Angeles metropolitan area. Proposals for congestion pricing around the world can be generally divided into two types: those which recommend area wide pricing schemes, and those which suggest that fees be charged to users of access controlled express highways, which in California are known as freeways. A number of reviews of these various possibilities have concluded that area wide pricing is less promising in Los Angeles than is pricing applied to major freeways.

Area wide pricing attempts to discourage the entry of vehicles into an entire congested district, such as a busy downtown business area. The best example, perhaps, is the case of Singapore, where a special license had to be purchased in order to enter the affected area during the peak hour. The goals of this type of policy include: increasing vehicle occupancy at the peak hour, shifting some travelers to alternative destinations, and shifting some travel from peak to off peak times. In Los Angeles, there is a very serious traffic congestion problem on the network of freeways approaching activity centers, while traffic congestion within activity centers is less pronounced. Thus, while traffic is at a standstill on the freeways approaching the downtown area for an ever increasing number of hours each workday, conditions on surface streets within the downtown are not nearly as bad. For this reason, an area wide rationing scheme is far less promising in Los Angeles. It might encourage peripheral parking on the edges of the "tolled" activity centers, while doing little to discourage travel on the more congested freeways which approach them. On the other hand, the introduction of tolls in some of the congested

freeway corridors seems more promising, since it goes more directly to the nature of the congestion problem in this region. In San Francisco, the city's location on a peninsula results in several major access routes which are bridges. This leads to the possibility of revising the existing structure of tolls on those approach routes, employing congestion pricing in order to meter traffic approaching the downtown area.

At least in the foreseeable future, it is likely to remain politically infeasible to simply add peak hour congestion fees to the existing freeways, and the proposals which seem most promising involve incremental additions to the freeway network which would gradually introduce congestion pricing as a concept. If successful on those newer facilities, the concept might later be extended to some of the pre-existing freeways.

In a provocative article, Robert Poole has suggested, for example, the possibility of adding a second level above the currently congested freeways, and charging tolls on the new second level while the existing level remains free of charges. The cost of the additional capacity could be financed by bonds, the income from the tolls being used to pay off the bonded indebtedness. Travelers would have the choice of using the upper or lower roadway, and in theory users of both would benefit from the diversion of some of the traffic to the tolled upper level. Those willing to pay the toll would get a higher level of service through higher travel speed, yet congestion would be somewhat reduced on the lower free level due to the presence of the upper level. The upper roadway might have exits and entrances spaced at far greater intervals than the lower free roadway, since longer distance travelers would clearly benefit far more by using the toll facility than would those traveling short distances.<sup>9</sup>

Other proposals have some similar features. The California Department of Transportation is committed to providing High Occupancy Vehicle (HOV) lanes on many freeways, including new roads as well as existing ones, throughout California, and especially in the Los Angeles and San Francisco Bay areas. HOV lanes may be used only by carpools, vanpools, and buses, and they provide a considerable travel time advantage over congested "mixed flow" lanes during peak periods. They are being constructed throughout Southern California in order to encourage the use of high occupancy vehicles by giving them an obvious travel time advantage. On existing roads, HOV lanes are being created by narrowing the median strips and shoulders. It has been suggested by some that single occupant automobiles might also be allowed to use the HOV lane if they pay a toll. This would provide greater utilization of the new lanes' capacity, while also providing some revenue which could help pay the cost of extending the network of HOV lanes.

The State of California is sponsoring approximately four tollway projects in the state through public-private co-ventures. These projects will probably employ the build-operate-transfer (BOT) model which has already been employed in Europe, with a private contractor building and operating the facilities for up to forty years. The tolls will liquidate the debt, and the facilities will eventually be ceded to the

<sup>9</sup> Robert W. Poole, Jr. "Resolving Gridlock in Southern California" *Transportation Quarterly*, Vol. 42, n°4 (October 1988), pp. 499-527.

state for continued operation. While these tollways would charge for use, they would not necessarily all employ congestion pricing, in that the tolls may be fixed charges which might not vary with the time of day or with congestion levels. It has been proposed, however, that at least one of the new tollways might experiment with congestion pricing in order to introduce the concept to California on a trial basis.

In addition to congestion pricing, other forms of pricing are also being proposed for implementation in California. One of the most interesting involves the possible reconfiguration of the annual registration fee or ownership tax on automobiles. Presently, annual registration or license fees for automobiles are based in principle upon the market value of the vehicle. Tables are used to determine the annual fee based upon the initial list price of the vehicle, and the age of the vehicle is used to incorporate a depreciation factor in the calculation of the annual fees. Many observers have pointed out that this system of annual fees provides little incentive to consumers to consider seriously the energy efficiency and pollutant emissions of alternative automobiles at the time they make their purchase decisions. A number of interest groups have suggested that the annual vehicle ownership tax should be revised so that it is based upon fuel consumption and/or the generation of pollutants rather than upon other criteria. If the user tax were, for example, proportional to fuel consumption and to the per mile production of air pollution, then the tax system would charge owners for the use of their cars on the basis of more socially acceptable criteria: gas guzzlers and air polluters would pay higher rates each year, and this would encourage more drivers to save money by purchasing cleaner and more fuel efficient vehicles. The levels of taxation could be adjusted so that the income provided to state government under the revised tax system would be equivalent to the total income which is produced by the existing tax. Proposals to revise the automobile registration tax in this manner have been introduced into the state legislature, but they have not yet been given a serious hearing.<sup>10</sup>

## MAJOR BARRIERS TO IMPLEMENTATION OF CONGESTION PRICING

Discussion of these various pricing possibilities is lively in California, and it is likely that serious proposals will be carried forward and refined during the coming few years. Still, it is by no means at all certain or even likely that these pricing proposals will actually be implemented. There are many reasons to believe that substantial barriers stand between the current proposals and their formal adoption.

Economists and transportation engineers understand that where there is "hypercongestion," as implied by the predicted speed of 19 miles per hour in the year 2010, congestion tolls will both increase traffic flow and decrease the cost of travel. The social disutility of both low traffic flow and low traffic speed due to

<sup>10</sup>Leo Levenson and Deborah Gordon. "Promoting Cleaner and More Fuel Efficient Motor Vehicles Through a Self-Financing System of State Sales Tax Incentives." *Journal of Policy Analysis and Management*, vol 9, n° 3 (1990), pp. 409-415; also Randall Guensler and Anne B. Geraghty, "A Transportation / Air Quality Research Agenda for the 1990's. Sacramento: California Air Resources Board, 1991

hypercongestion would seem to strengthen the case for congestion charges. But, in general lay citizens do not recognize this argument, and they resist the attempts of professional experts to explain it to them.

The public simply does not perceive the notion of taxation to achieve efficient use of highways, or to achieve energy efficiency or cleaner air to be a meaningful public program. In general, American citizens - particularly Californians - are independent and resistant to all new taxes, especially in times of recession. Most members of the general public are distrustful of any proposal to charge them for anything, and many media accounts of congestion pricing policies portray them as new charges while omitting their policy-driven objectives of cleaner air and reduced congestion. In particular, since automobile users already pay federal and state fuel taxes which are earmarked for transportation, plus county sales taxes which are reserved for transportation uses, plus annual vehicle user fees, they are especially reluctant to accept a new type of transportation fee as anything less than confiscation of their wealth. In the long run, this issue might most effectively be addressed by the substitution of congestion fees for existing fees. If, for example, other taxes were to be explicitly reduced or eliminated when such fees are introduced, the new types of fees may become more politically acceptable.

Construction companies, automobile manufacturers, petroleum producers and others having an immediate vested interest in these proposals remain cautious and conservative. They continue to favor new highway construction and low fuel taxes and registration fees. They are, in most instances, far less threatened by proposals to address highway congestion through capital investments in new facilities than they are by proposals to reduce congestion by reducing or redirecting travel demand. Because one out of seven American workers derives his or her income from the automobile industry and related industries, a very strong vested interest remains skeptical of these proposed changes, and an enormous educational and lobbying effort is required to build a stronger political base for the notion of pricing. Congestion pricing might be most attractive to these interests if the proceeds of the tolls were clearly committed to increasing highway capacity in the most congested communities.

The many equity issues inherent in transportation pricing strategies are also critical to their political acceptability. Representatives of lower income communities and labor unions have already argued vigorously against congestion pricing in California on the grounds that the primary beneficiaries are likely to be the very rich, who will choose to pay the tolls in order to obtain the best service. It is argued that the poor, on the other hand, will be less likely to be able to afford the tolls, and thus would be forced to accept second best - driving on the congested alternative free routes. Should advocates of the poor and labor representatives join together with automobile industry and petroleum industry interests in opposition to pricing, the proposals would have small chance of adoption. The most likely counter to charges that congestion pricing will be inequitable would be a vigorous program of transferring the income from the program to the lower-income segments of society. For example, if toll revenue were to be committed to dramatic expansions of public transit capacity, then advocates of the poor might view the charges more favorably,

since in the United States the poor rely on transit to a far greater extent than the rich. <sup>11</sup> Of course, it is not at all clear that pricing strategies would be sufficiently lucrative to support both the new highway capacity that industry advocates would prefer and new transit subsidies that advocates of the poor would prefer, and some very difficult choices thus still lie before us.

It is also not clear that congestion pricing can actually benefit travelers in every corridor. In California, some freeways are already congested with bumper-to-bumper traffic for eight to twelve hours per day in a single peak period lasting from early morning to early evening. And, in many of these corridors major arterial streets which parallel the freeways are congested to the same degree as are the freeways themselves. Furthermore, with public transit at very low levels of service, travelers in these corridors often rely nearly exclusively on automobile transportation. Congestion prices are intended to induce a change in travel behavior by causing people to shift modes or travel times, and in some corridors the absence of modal alternatives and the temporal extent of traffic congestion limit the possible effectiveness of congestion pricing. <sup>12</sup> Economists reject this argument, because the toll can at least in theory always be set high enough to eliminate congestion. In the practical world of politics, however, tolls are more likely to be set at a politically agreed upon level, which is undoubtedly not going to be sufficiently high to reduce congestion in travel corridors having these characteristics. A reasonable response to this concern would be to use the proceeds of the toll to provide the transit alternatives or the additional roadway capacity needed in such corridors to encourage shifts to those new options in conjunction with the implementation of the congestion charges.

Finally, it appears that there will be opposition to congestion pricing to the extent that the use of "electronic license plates," or other automatic vehicle identification technology is used to keep track of motorists. Invasion of privacy is a major concern in California, as it proved to be in other areas when electronic vehicle tracking was actually introduced or merely proposed. These concerns can be addressed through the development of prepayment schemes, such as debit cards which can be inserted into a sensing device, or the design of an electronic system which can debit prepaid accounts using sensors which read information encoded in automobiles which are moving at normal operating speed.

## CONCLUSION

As indicated by the forgoing discussion, it would be fair to say that the level of professional interest in transportation pricing has never been greater in California than it is at present, and that the possible form which pricing may take in the future is still open to a great deal of debate and discussion. Whether levied as parking fees, direct congestion pricing, or indirect taxation on the basis of fuel consumption or the production of air pollution, the potential use of pricing to achieve transportation and

<sup>11</sup> National Economic Development and Law Center. "Pricing Strategies and the Transportation Needs of Marginal Communities," Berkeley, California, March 13, 1990.

<sup>12</sup> Genevieve Guilano, op. cit.



environmental policy objectives is being widely discussed in California today, and is being taken more seriously than has been the case for over thirty years. Despite this interest, there are many reasons that numerous groups will oppose pricing strategies, and the outcome remains uncertain. Political debates on these themes will occupy center stage in California for several years to come, and they should provide several case studies to clarify, over time, the complexities inherent in this subject.

## UNE TAXINOMIE DES MODALITES DE TARIFICATION ENVIRONNEMENTALE : LES REALITES DE L'ACCEPTATION POPULAIRE

Pierre-Pascal Gendron\*

Consultant, Direction de l'économie et des politiques Hickling Corporation  
Ottawa, Canada

\* Je tiens à remercier David Lewis pour ses suggestions et commentaires sur le contenu de cette présentation.

### 1.0 INTRODUCTION

Ces dernières années ont vu le domaine des transports prendre une importance primordiale dans les préoccupations des pays industrialisés qui entrent dans l'ère des communications et de l'établissement de réseaux intégrés. Durant cette période, la question environnementale s'est également vue accorder une importance sans cesse croissante et l'intérêt que lui porte l'opinion publique démontre que c'est probablement le problème de l'heure. Ainsi, des concepts tels que la tarification environnementale, qui seraient sans doute apparus comme utopiques il y a à peine dix ans sont en voie de devenir des projets concrets et réalisables.

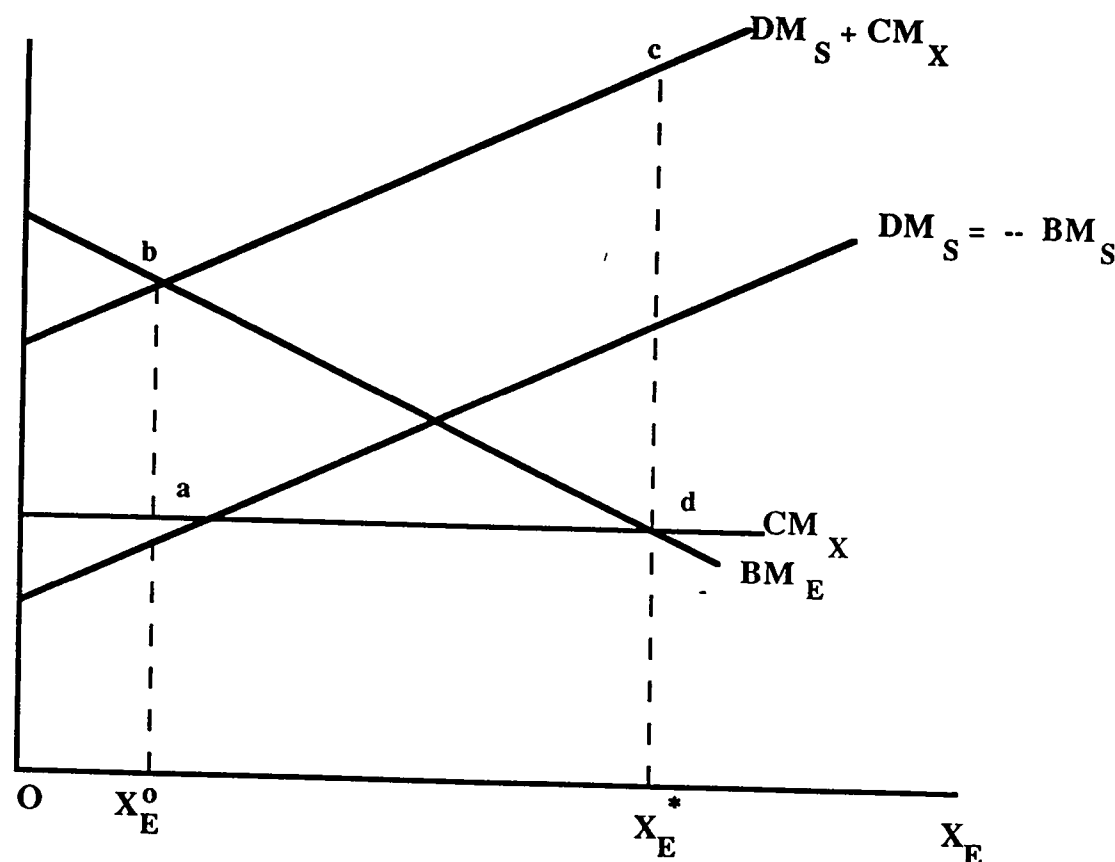
L'importance de la tarification environnementale va plus loin que les tendances récentes de l'opinion publique au sujet de l'environnement en général: la science économique a longtemps reconnu le problème des externalités ainsi que les difficultés théoriques d'y remédier. En pratique, les contraintes politiques, institutionnelles et légales ont traditionnellement compliqué le problème. Cependant, il demeure que la recherche accomplie ces dernières années dans le domaine de l'environnement a été profitable en ce sens que le cadre conceptuel de solution au problème des externalités liées à l'environnement s'est élargi considérablement et de nouveaux critères d'évaluation sont apparus, critères qui tendent à faciliter l'analyse et la discussion, ainsi que la compréhension des idées qui sous-tendent les diverses solutions proposées aux problèmes reliés aux transports en particulier. La deuxième partie de la présentation traite des concepts économiques sous-jacents à la tarification environnementale et des principes d'allocation des coûts reliés à l'environnement; la troisième partie fournit un cadre d'analyse de l'acceptation populaire; la quatrième partie consiste en une taxinomie des modalités de tarification environnementale appropriées; enfin, la cinquième partie discute des exemples récents de tarification environnementale ainsi que leurs performances sur le plan de l'acceptation populaire. On termine la présentation par une brève conclusion.

### 1.1 CONCEPTS ECONOMIQUES ET PRINCIPES D'ALLOCATION

La question des externalités environnementales constitue un problème d'efficacité économique en ce sens qu'il affecte négativement l'allocation des ressources s'il n'est pas corrigé. Le bien (l'environnement) donnant lieu à l'externalité négative est consommé en trop grande quantité car le prix payé sur le marché pour les services qu'il rend est inférieur à leur coût social. La Figure 1 illustre cette situation: elle montre le cas d'un agent E qui mène une activité  $X_E$  et émet une externalité négative dont souffre l'agent S. Chacun des agents E et S peut être un consommateur ou une entreprise. La droite  $CM_X$  représente le coût marginal de l'activité X pour l'agent E et ce coût est supposé constant. La droite  $BM_E$  représente le bénéfice marginal de l'activité X pour l'agent E.

FIGURE 1:

#### SITUATION D'EXTERNALITE NEGATIVE AVEC EFFET DE REVENU NEGLIGEABLE



Si l'agent E est un consommateur,  $BM_E$  représente sa droite de demande pour le bien  $X_E$ . On fait ici l'hypothèse que l'effet de revenu<sup>1</sup> est négligeable et donc que  $BM_E$  ne varie pas avec le revenu; cependant, le problème de l'effet de revenu ne se pose pas si l'agent E est une entreprise. La droite  $DM_S$  représente le dommage marginal infligé à l'agent S, qui correspond également à la réciproque négative du bénéfice marginal de l'agent S ( $-BM_S$ ) provenant de l'activité  $X_E$ . Si l'agent S est un consommateur, l'effet de revenu peut être considéré comme négligeable et ainsi la droite  $DM_S$  ne varie pas avec le revenu. Le dommage marginal croît avec le niveau d'activité  $X_E$  et on fait l'hypothèse que les agents E et S prennent les prix comme données.

Dans la situation où on laisse l'agent E maximiser ses propres bénéfices nets et où aucun prix n'est rattaché à l'externalité négative, le niveau d'activité choisi est  $X_E^*$ , et on a que  $BM_E = CM_X$ . Ce niveau d'activité est inefficace car il ne considère pas l'externalité négative marginale infligée à l'agent S. L'allocation efficace des ressources requiert qu'on ait  $CM_X = BM_E + BM_S$  ou  $BM_E = CM_X + DM_S$  puisque  $BM_S = -DM_S$ . Cette condition dit que le bénéfice marginal pour l'agent E de mener l'activité  $X_E$  devrait être égal à son coût marginal social. La droite de coût marginal social ( $DM_S + CM_X$ ) s'obtient en additionnant verticalement les droites  $DM_S$  et  $CM_X$ ; son intersection avec la droite  $BM_E$  (point b) représente l'optimum. Il est clair que le niveau d'activité optimal  $X_E^0$  est moindre que celui que l'on observe ( $X_E^*$ ) quand aucun prix n'est rattaché à l'externalité négative. Lorsque l'économie se déplace de  $X_E^*$  à  $X_E^0$ , l'agent E perd un bénéfice total égal à  $X_E^*dbX_E^0$  et l'agent S gagne (par la réduction des dommages)  $abcd$ . Du même coup, des ressources équivalant à  $X_E^*daX_E^0$  sont libérées et peuvent être utilisées ailleurs dans l'économie. Le gain net pour la société est de  $-X_E^*dbX_E^0 + abcd + X_E^*daX_E^0 = bcd$ , soit la somme des changements énumérés plus haut.

Afin d'induire l'agent E à se comporter efficacement sur le plan économique, il est nécessaire de lui faire prendre en considération le dommage marginal infligé à l'agent S. La tarification environnementale est l'un des moyens d'arriver à ce but. Cependant, toute tentative de correction d'externalités à l'aide de la tarification environnementale élargit le problème car elle nécessite que l'on détermine qui doit payer et quels seront les impacts sur l'agent payeur; en d'autres mots, la correction des externalités nécessite des principes d'allocation des coûts liés à l'utilisation de l'environnement. L'application de la tarification environnementale et des principes d'allocation des coûts a des impacts économiques sur l'efficacité, l'équité et la distribution des revenus.

L'évaluation économique des modalités de tarification environnementale devrait se faire selon les critères suivants:

- o Efficacité économique: les bénéfices nets pour la communautés devraient être maximisés;
- o Equité économique: les sommes payées devraient être intimement reliées aux coûts économiques imposés à la communauté; et
- o Equité distributive (distribution des revenus): les changements dans le

<sup>1</sup> L'effet de revenu est l'effet d'un changement de revenu réel sur la quantité demandée d'un bien donné.



bien-être économique de chaque agent (ou groupe d'agents) découlant de la tarification environnementale et de l'allocation des coûts devraient être évalués.

Les critères d'efficacité et d'équité sont assez objectifs et se prêtent bien à la classification des projets de tarification par ordre de préférence. Cependant, le critère ayant trait à l'équité distributive dépasse le cadre strict de l'analyse économique car il fait appel à un jugement de valeur quant à la distribution des revenus préférée par la société. La distribution des revenus est donc une question de politique publique avant tout.

Les trois méthodes d'allocation des coûts proposées sont: principe pollueur-payeur (PPP), principe usager-payeur (PUP) et principe bénéficiaire-payeur (PBP).

**Principe pollueur-payeur.** Principe d'allocation des coûts reliés à la détérioration des ressources environnementales. Tel que défini par l'OCDE, le PPP signifie que le pollueur doit supporter le coût des mesures de la réduction de la pollution décidées par les pouvoirs publics afin que l'environnement soit dans un état acceptable. L'application intégrale<sup>2</sup> du PPP est efficace sur le plan économique car:

- o Il est basé sur l'hypothèse que la société vise à atteindre le niveau socialement optimal de pollution (ou, en pratique, un niveau acceptable de pollution);
- o Il fournit des signaux de marchés clairs aux pollueurs et consommateurs; et
- o La situation où le producteur (pollueur) passe les coûts aux consommateurs par des augmentations de prix des extrants est sans importance tant et aussi longtemps que les externalités sont récupérées en entier.

L'application intégrale du PPP est économiquement équitable car:

- o Le pollueur paie selon les coûts qu'il impose à l'environnement, tels qu'établis selon les normes environnementales appropriées;
- o Les agents qui consomment les extrants du pollueur vont, dans certaines circonstances, également contribuer à la récupération des externalités puisqu'ils contribuent au problème par leur consommation; et
- o Le PPP exclut toute subvention indirecte du pollueur par des agents qui n'ont rien à voir avec l'externalité.

**Principe usager-payeur.** Principe d'allocation des coûts reliés à la consommation des ressources environnementales. Ce principe signifie que l'usager de la ressource devrait supporter le coût (social) de satisfaire sa demande pour la ressource.

<sup>2</sup> Application intégrale veut dire que les coûts sont entièrement récupérés auprès des agents responsables. Ce concept d'application intégrale s'applique aussi au PUP et PBP.

Contrairement au PPP, le PUP alloue les coûts sur la base de l'utilisation courante et future de la ressource, et non sur la base de dommages passés ou présents. L'utilisation du PUP n'est généralement possible que si la demande pour la ressource environnementale peut être mesurée. L'application intégrale du PUP est économiquement efficace car:

- o Les ressources sont allouées aux usagers selon leur volonté de payer; et
- o Le PUP fournit aux usagers un signal de marché clair en ce qui concerne le coût d'utiliser les ressources.

Elle est également équitable sur la plan économique car:

- o Les usagers paient selon les coûts qu'ils imposent à l'environnement, tels qu'établis selon les normes environnementales appropriées; et
- o Le PUP exclut toute subvention indirecte de l'usager par des agents qui n'ont rien à voir avec l'utilisation de la ressource.

**Principe bénéficiaire-payeur.** Principe d'allocation des coûts reliés à la consommation des ressources environnementales. Ce principe signifie que le bénéficiaire de la ressource devrait supporter le coût (social) de rendre la ressource disponible pour sa jouissance et usage personnels. L'application intégrale du PBP est efficace sur le plan économique car:

- o Les ressources sont allouées aux bénéficiaires (usagers au sens large du terme) selon le bien-être qu'ils retirent de la jouissance et de l'usage des ressources; et
- o Le PBP fournit aux bénéficiaires un signal de marché clair en ce qui concerne la valeur des ressources.

L'application intégrale du PBP est économiquement équitable car:

- o Le bénéficiaire paie selon le bien-être qu'il retire de la jouissance et de l'usage des ressources; et
- o Le PBP exclut toute subvention indirecte du bénéficiaire par des agents qui n'ont rien à voir avec la jouissance et l'usage des ressources.

Ces trois principes sont généraux en ce sens qu'ils peuvent englober un grand nombre de cas pratiques. Cependant, les principes ne sont pas nécessairement mutuellement exclusifs dans leur application. Alors que certains cas pratiques simples peuvent faire appel à un seul principe, des cas plus complexes vont nécessiter l'utilisation d'une combinaison de principes d'allocation.

## 1.2 UN CADRE D'ANALYSE DE L'ACCEPTATION POPULAIRE

A eux seuls, les critères économiques analysés à la section II ne permettent pas une évaluation complète des modalités de tarification environnementale car on doit aussi tenir compte d'un certain nombre de considérations pratiques. Les critères qui suivent sont proposés afin d'évaluer l'acceptation populaire de la tarification environnementale dans une perspective de récupération des externalités.

**Compréhension de la part du public.** Ce critère requiert que les modalités de tarification environnementale soient comprises par la population visée par la tarification.

**Identification du public-cible.** Ce critère requiert que l'on puisse identifier clairement et sans ambiguïté les agents responsables des externalités. Il requiert également que l'on puisse classer sans ambiguïté les agents selon le principe d'allocation des coûts qui leur est approprié. De plus, on devrait pouvoir distinguer entre eux (et de la société en général) les groupes d'agents responsables des externalités. A titre d'exemple, le principe bénéficiaire-payeur risque de ne pas satisfaire ce critère à cause des difficultés considérables d'identifier et surtout de distinguer entre eux différents bénéficiaires des ressources environnementales.

**Allocation des coûts.** Ce critère exige que les externalités à récupérer soient clairement reliées aux agents visés par la tarification environnementale. Il requiert également que l'on dispose de méthodes d'identification et d'estimation des coûts environnementaux appropriées pour chaque principe d'allocation. De plus, ces méthodes doivent être suffisamment fiables. Les péages routiers analysés dans le cadre du principe usager-payeur constituent un exemple de tarification qui devrait satisfaire pleinement ce critère. A ce point, il faut cependant noter que l'estimation de la valeur économique des externalités constitue un problème important pour la tarification environnementale. En pratique, l'absence ou la faiblesse des normes environnementales est une des causes majeures du problème. Dans les cas où l'incertitude entourant l'estimation des externalités est suffisamment sérieuse, des analyses de sensibilité et/ou de risque peuvent s'avérer fort utiles.

**Faisabilité.** Ce critère requiert que les modalités de tarification environnementale soient faisables dans le contexte légal, institutionnel et administratif. Il requiert également que les ressources financières nécessaires à la conception, la mise en place et le maintien des mécanismes de tarification soient raisonnables et adaptés aux attentes quant à l'ampleur de la récupération des externalités. En d'autres mots, on s'attend à ce que les coûts d'administration des mécanismes de tarification environnementale constituent une faible part des revenus provenant de la récupération des externalités. Dans sa version la plus stricte, ce critère nécessite que l'on minimise les coûts des modalités de tarification en les mettant sur pied dans le cadre d'arrangements légaux et institutionnels existants. L'utilisation du système fiscal constitue un exemple d'environnement institutionnel existant. Enfin, les moyens techniques nécessaires à la tarification (compteurs et autres mécanismes) doivent être disponibles à un coût adapté aux attentes de récupération des externalités.

Cette liste de critères d'évaluation de l'acceptation populaire doit être vue dans une perspective de long terme. La mise sur pied de modalités de tarification environnementale nécessitera sans doute des périodes de conception et de planification assez longues, à causes des diverses contraintes (politiques, techniques, etc.) qui existent présentement. De plus, une perspective de long terme est nécessaire afin de pouvoir contrer la désuétude technique des modalités de tarification conçues aujourd'hui pour application dans le futur, et de pouvoir tirer parti des moyens techniques de demain, tels que les satellites et appareils de mesure sophistiqués.

### 1.3 UNE TAXINOMIE DES MODALITES DE TARIFICATION ENVIRONNEMENTALE

Les taxes et les redevances sont les deux seuls mécanismes de tarification environnementale qui peuvent, en général: (i) satisfaire les critères économiques; (ii) satisfaire les principes d'allocation des coûts; (iii) satisfaire les critères d'acceptation populaire; et (iv) permettre la récupération des externalités par les revenus qu'ils produisent. La discussion qui suit considère les modalités de tarification environnementale dans le cadre de la récupération des externalités et déborde nécessairement du cadre de la tarification des déplacements urbains. L'expérience acquise dans d'autres domaines est utile en ce sens qu'elle peut suggérer des avenues inexplorées.

#### 1.3.1 Taxes

Les taxes prélevées sur le revenu, la propriété, les ventes ou les transactions spécifiques à un bien ou service produisent des revenus qui peuvent, théoriquement, être voués à la récupération des externalités. En Amérique du nord, les taxes reliées à l'environnement sont généralement des taxes spécifiques qui frappent les ventes ou transactions impliquant certains biens dont la consommation contribue à la détérioration de l'environnement ou qui sont complémentaires à des biens ou activités qui y contribuent eux-mêmes. Les modalités de tarification pertinentes incluent:

**Taxes sur les carburants.** Ce sont des taxes spécifiques frappant les ventes au détail de carburants. Ces taxes sont généralement calculées par unité de bien (litre).

**"Carbon Tax".** C'est une taxe spécifique frappant les ventes au détail des combustibles d'origine fossile. Cette taxe doit être calculée par unité de carbone, suivant des règles de conversion établies. La "Carbon Tax" est plus générale que les taxes sur les carburants car elle englobe tous les combustibles d'origine fossile, incluant les carburant utilisés dans les transports.

**Taxe sur les pneus.** C'est une taxe spécifique frappant les ventes au détail de pneus de véhicules automobiles. La taxe est calculée par unité.

Les taxes spécifiques sur les biens constituent un mécanisme économiquement efficace et équitable, et administrativement simple pour la récupération des externalités. Les effets favorables de ces taxes sur le plan de l'efficacité économique (c'est-à-dire de l'allocation des ressources) proviennent non seulement de la récupération même des externalités mais aussi du fait qu'elles encouragent la substitution d'alternatives qui ne produisent pas d'externalités (ou qui en produisent moins). L'équité économique de ces taxes résulte du fait que les agents paient selon leur contribution aux externalités. Cependant, en l'absence d'un système de crédits fiscaux, elles peuvent être régressives (donc inéquitables sur le plan distributif). Leur simplicité administrative provient du fait qu'elles peuvent généralement être imposées dans le cadre d'arrangements institutionnels existants et à faible coût. De plus, les taxes spécifiques sont compatibles avec le principe pollueur-payeur dans les cas où elles frappent les ventes ou transactions impliquant des biens (intrants ou extrants) dont l'utilisation contribue à la détérioration de l'environnement.

Ce que l'on désigne en Amérique du nord comme taxes liées à l'environnement

est plutôt identifié comme redevances sur produits dans la plupart des pays de l'OCDE et en Europe en particulier. Puisque l'expérience de tarification est beaucoup plus étendue en Europe qu'elle ne l'est de ce côté de l'Atlantique, on élaborera sur des modalités de tarification similaires aux taxes décrites plus haut dans la section sur les redevances. Il faut noter que dans la plupart des cas pertinents à la tarification environnementale, la distinction entre taxe et redevance sur produit a peu d'importance.

#### 1.4 REDEVANCES

Une redevance, en général, est un prix rattaché à un bien ou service qu'un agent doit payer afin de consommer ce bien ou service. Dans le cas de la tarification environnementale, on distingue quatre types de redevances: (i) redevances de déversement; (ii) redevances pour service rendu; (iii) redevances sur les produits; et (iv) redevances administratives.

**Redevances de déversement.** Ces redevances frappent les décharges directes dans l'environnement et sont fréquemment utilisées pour contrôler la pollution de l'eau. Les redevances de déversement sont aussi utilisées dans le cadre de la gestion des déchets solides et pour réduire le bruit provenant des aéronefs. Leur mise en place est facilitée s'il existe des points de déversement fixes ou aisément identifiables (un aéroport, par exemple).

**Redevances pour service rendu.** Ces redevances sont imposées pour l'utilisation des services rendus par l'environnement et visent dans la plupart des cas les utilisateurs des systèmes d'approvisionnement en eau potable et de traitement des eaux usées. Tel que mentionné plus haut, les redevances pour service rendu ne remplissent pleinement leur rôle que si la demande (c'est-à-dire l'utilisation) peut être mesurée. Comme il existe des moyens techniques de mesurer les déplacements urbains (la demande qui pèse sur les infrastructures de transport), les redevances pour service rendu sont parfaitement appropriées à la tarification de ces transports et à la récupération des externalités dont ces activités sont responsables. Les moyens pratiques de mise en oeuvre incluent les péages routiers, les stationnements payants, etc.

**Redevances sur les produits.** Ces redevances sont ajoutées au prix de biens (intrants ou extrants) qui contribuent à la détérioration de l'environnement à divers stades de leur cycle de vie (fabrication, consommation et disposition). Des exemples de produits visés par de telles redevance incluent: lubrifiants, soufre contenu dans les carburants, engrais chimiques, piles au mercure et au cadmium, contenants non-retournables et produits anti-parasitaires. Les redevances sur les produits fonctionnent exactement de la même façon que les taxes spécifiques discutées plus haut. Ainsi, ces redevances peuvent également frapper les carburants, le carbone et les pneus. Dans le contexte de la tarification des déplacements urbains, les redevances sur les carburants peuvent être utilisées afin d'appuyer les redevances pour service rendu s'il est possible d'imposer de telles redevances au niveau local. Les signaux de marchés sont toutefois supérieurs si les externalités sont entièrement récupérées à l'aide de redevances pour services rendus.

**Redevances administratives.** Ces redevances frappent les transactions impliquant permis, licences, immatriculation, etc. Leur utilité pour récupérer des externalités est faible.

Les redevances constituent un mécanisme économiquement efficace et équitable, et administrativement simple pour la récupération des externalités. Les redevances portent de façon non ambiguë le message que les montants payés (donc les externalités récupérées) sont directement reliés à l'utilisation des ressources environnementales; elles peuvent donc décourager une utilisation excessive des ressources. Les redevances constituent un outil approprié afin d'encourager une allocation efficace des ressources environnementales puisque la volonté de payer des agents détermine qui consomme plus et qui consomme moins. Les redevances encouragent également la substitution d'alternatives qui ne produisent pas d'externalités (ou qui en produisent moins). Les redevances sont équitables économiquement car les agents paient des montants qui sont directement reliés aux coûts économiques que leur utilisation des ressources impose à l'environnement. Tout comme les taxes spécifiques, les redevances peuvent être régressives et ainsi affecter la distribution des revenus. Leur simplicité conceptuelle et administrative des redevances provient principalement de deux facteurs. Premièrement, les redevances mesurent (ou dépendent généralement de mesures de) la demande et peuvent donc être fixées à des niveaux qui rapprochent le marché du niveau d'utilisation des ressources environnementales qui est socialement optimal. Deuxièmement, les redevances prises dans leur ensemble peuvent être socialement moins coûteuses que les taxes car le nombre de transactions nécessaires à la récupération des externalités est moindre. Qui plus est, les redevances sont compatibles avec les principes pollueur-payeur et usager-payeur dans tous les cas. Elles apparaissent également comme étant le seul mécanisme de tarification environnementale qui soit compatible avec le principe bénéficiaire-payeur.

#### 1.5 L'EXPERIENCE RECENTE ET L'ACCEPTATION POPULAIRE

L'expérience internationale récente sur le plan de l'acceptation populaire des modalités de tarification environnementale n'est disponible que pour certains types de redevances.

**Redevances de déversement.** Dans le contexte de la pollution de l'air, des redevances de déversement sont imposées en France. Elles frappent les entreprises qui consomment une grande quantité d'énergie ou déversent dans l'atmosphère des quantités de polluants qui excèdent certaines normes. Le lobby industriel y est opposé. En ce qui a trait à la pollution de l'eau, l'Allemagne, l'Australie, la France, l'Italie et les Pays-Bas imposent des redevances de déversement à divers groupes d'agents (ménages, entreprises et municipalités). Ces redevances sont raisonnablement bien acceptées. Dans le domaine des déchets, les Pays-Bas imposent des redevances de déversement aux entreprises qui traitent ou disposent de déchets solides. Les secteurs agricole et industriel s'opposent à de telles redevances. Pour ce qui est du bruit, l'Allemagne, les Etats-Unis, la France, le Japon, les Pays-Bas, le Royaume-Uni et la Suisse imposent des redevances de déversement aux compagnies aériennes (et aussi aux grosses entreprises industrielles aux Pays-Bas). Les compagnies aériennes s'opposent farouchement à ces redevances.

**Redevances pour service rendu.** Dans le domaine de l'eau, des redevances pour service rendu frappent les usagers résidentiels et industriels (et parfois commerciaux) dans les pays suivants: Australie, Belgique, Canada, Danemark, Etats-Unis, Italie, Japon, Norvège, Nouvelle-Zélande, Pays-Bas, Royaume-Uni et Suisse. Tous les pays de l'OCDE (Japon excepté) imposent des redevances pour service rendu aux ménages et entreprises pour la collecte des déchets solides. Les redevances pour service rendu sont considérées comme des paiements ordinaires en rapport avec les services reçus. Leur niveau d'acceptation populaire est élevé.

**Redevances sur les produits.** Une foule de produits sont frappés de telles redevances dans divers pays de l'OCDE. Les données quant à l'acceptation populaire de ces redevances ne sont pas disponibles.

**Redevances administratives.** L'Allemagne, l'Australie, la Norvège, les Pays-Bas, le Royaume-Uni et la Suède imposent des redevances administratives sous forme de droits de licences de produits divers. La Belgique, le Danemark et la Finlande imposent de telles redevances sous forme de droits d'enregistrement et de contrôle. En Belgique, les droits frappent les importations et les exportations de déchets; au Danemark, les droits frappent les importateurs et exportateurs de produits antiparasitaires. Les données quant à l'acceptation populaire de ces redevances ne sont pas disponibles, bien que leur complémentarité avec la réglementation existante puisse suggérer que l'acceptation populaire ne constitue pas un problème majeur.

## 1.6 CONCLUSION

Les critères d'évaluation économique et d'allocation des coûts doivent être augmentés d'un ensemble de critères ayant trait à l'acceptation populaire des modalités de tarification environnementale si on espère utiliser ces mécanismes dans le but de récupérer les externalités imposées à l'environnement.

Malgré les difficultés d'estimation des externalités liées à l'environnement et certaines contraintes politiques et techniques, de solides fondations théoriques et des expériences d'application réussies pour un nombre de modalités de tarification environnementale—particulièrement les redevances pour service rendu—démontrent le potentiel considérable de cet outil de récupération des externalités.

Enfin, les préoccupations et la sensibilisation de l'opinion publique aux problèmes de l'environnement ne peuvent qu'avoir un impact positif sur l'acceptation de modalités de tarification environnementales futures, ce qui devrait avoir pour effet d'accélérer le processus de mise en place de ces mécanismes.

## BIBLIOGRAPHIE

Boadway, R.W. and D.E. Wildasin. 1984. *Public Sector Economics*, Boston: Little, Brown and Company.

Hickling Corporation. 1991. Potential Funding Mechanisms for Implementation of Remedial Action Plans and their Impacts on Users, Beneficiaries and Society. Interim Report Prepared for the Ontario Ministry of the Environment.

Hull, B. and A. St-Pierre. 1990. **The Market and the Environment: Using Market-Based Approaches to Achieve Environmental Goals.** Report No. 62-90, The Conference Board of Canada.

Opschoor, J.B. et H.B. Vos. 1989. *Instruments économiques pour la protection de l'environnement*. Paris: OCDE.

Pearce, D., A. Markandya, and E. Barbier. 1989. *Blueprint for a Green Economy*. London: Earthscan Publications Limited.

# **URBAN ROAD PRICING : DEALING WITH THE ISSUE OF PUBLIC ACCEPTABILITY - A U.K. PERSPECTIVE**

**Peter Jones\***  
**Transport Studies Unit, University of Oxford**  
**Susan Harvey\***  
**National Economic Development Office, London**

\*The views expressed here represent those of the authors and not those of the National Economic Development Office.

## **1. INTRODUCTION**

The use of 'road pricing' as a possible means of relieving urban traffic congestion has been debated in many countries at various times over the last three decades (eg see Goodwin and Jones, 1989). But apart from the Area Licensing Scheme introduced in Singapore in 1975 (Pendakur et al, 1989), very little has happened to implement road user charging in urban areas, except for the recent introduction of toll rings in Bergen, Oslo and Trondheim (Larsen and Ramjerdi, 1990). In the Norwegian examples, however, the primary objective was to generate income for urban road and public transport investment rather than to restrain road traffic.

There have been several examples of schemes to control congestion through direct road charges that were prepared in some detail but never implemented, such as versions of the Area Licensing Scheme for London (May, 1975) and Kuala Lumpur (Roth, 1977), and a comprehensive electronic road pricing scheme for Hong Kong (Borins, 1988). Recently, proposals for Regional Road Pricing in The Netherlands (Stoelhorst and Zandbergen, 1990) were deferred and are being substantially revised. In each case the stumbling block has not been a technical one, but rather a political one: a concern that the public would not accept the imposition of urban road user charges.

Traditionally, many transport professionals have seen their role as one of preparing schemes that are technically and economically effective and efficient, while leaving it to the politicians to decide on whether or not to proceed with implementation. A credibility gap has thus developed between transport professionals and politicians, and to some extent between professionals and the public. In the case of urban road pricing this has resulted in much wasted effort, and in schemes being designed that were probably not optimal if issues of public acceptability had been included in the equation. By often regarding the latter as the sole province of the politician, rather than part of the technical process, professionals have presented politicians with measures that have been very difficult to 'sell' to the

public.

The importance of taking account of public views as part of the design process when considering new transport policies or traffic management measures is becoming more widely recognised, and is seen to have a number of benefits:

- \* Members of the public have detailed knowledge about local problems that such measures are designed to alleviate, and they may be able to offer useful practical suggestions as to how perceived problems might be overcome.
- \* Public endorsement is necessary in most cases before politicians are willing to make the commitment to implement major new transport policy initiatives, and so it is important to try and take account of the main concerns that are expressed.
- \* Public support is essential for successful operation; in particular, where measures are introduced that regulate behaviour (eg lower traffic speeds, or road pricing), these need to be largely self-enforcing and hence most people must be willing to obey the regulations, and condemn non-compliance by others.

Previous research has shown that public endorsement of, and compliance with, new traffic regulations is dependent on a clear understanding of the purpose of the scheme and support for its objectives (eg Jones, 1990). In the case of road pricing - or, more accurately, urban road user charging - the level of public knowledge about what such schemes might achieve or how they might operate is relatively low, and this probably acts at present as a barrier to acceptance.

The urban road pricing schemes that are now being proposed for various cities around the world are usually based on some form of electronic payment system. As a consequence, the scope for introducing different kinds of charging system - and for varying charging levels by area, time of day, type of vehicle or person, etc - is much greater than with manual systems. Hence the range of possibilities is much larger, and it is now much easier to design road pricing schemes that both achieve their transport objectives and maximise public acceptability.

This paper looks specifically at public attitudes to urban traffic problems in the U.K., and the degree of support that exists - both nationally and in London - for measures to restrain car traffic, with a particular emphasis on those based on urban road user charging. First, section 2 puts the subject in perspective, by looking at how seriously people rate various traffic problems in the U.K., in relation to other issues of concern to them. Next, section 3 examines national support for various transport policy options, including a comprehensive package of measures based around urban road user charging. Section 4 focuses on public attitudes towards these issues in London, and in particular reports findings from a recent survey of attitudes towards traffic problems and various road user charging options in the capital.

While the surveys show that there is majority support for a road charging-based package of measures in some situations, a number of concerns remain. These are outlined in section 5, together with a discussion of ways in which they might be ameliorated. Finally, the paper concludes with an assessment of the key issues concerning urban road user charging and public acceptability, in section 6.

In the last two or three years there have been a large number of public attitude surveys in the U.K. dealing with traffic problems and possible counter measures,

and sponsored by a range of organisations. Altogether, at various points in this paper, we draw on material from ten recent national surveys and four London-based surveys. Details are given in an Appendix to this paper, and each survey is referred to by number [X] in the tables and text.

Note that the bases of these various surveys differ: some of them cover only Great Britain and others extend to the United Kingdom (ie including Northern Ireland); some sample from all adults in the population, while others interview only drivers. In addition, not all surveys cover the same topics, and where they do question wordings and contexts can vary; hence only broad comparisons can be made between sets of findings. Nevertheless, despite these differences, the surveys generally provide a very consistent picture.

## 2. HOW SERIOUSLY ARE URBAN TRAFFIC-RELATED PROBLEMS VIEWED?

Traffic congestion, and the road safety and environmental implications of traffic, are considered to be very important by most adults in the U.K. as can be seen in Table 1. Nationally, around 80% see current traffic levels in general as posing a 'Very' or 'Fairly Serious' problem, and a similar percentage also agree that traffic fumes are a major contributor to environmental problems. Concern about traffic-related problems rises to an overwhelming 95% when people are asked about congestion and pollution in larger towns and cities; while over 70% see urban road safety as a serious issue.

The high level of public concern over environmental issues is evident in the 1991 Lex Survey [6], where around 90% of drivers rated four aspects of atmospheric pollution as 'Very' or 'Fairly Serious' problems (ie: damage to the ozone layer, lead in the atmosphere, global warming caused by CO<sub>2</sub> build up, and acid rain). Sixty two per cent thought that the motor car was responsible for causing at least half the lead in the atmosphere, and 41% thought the same for CO emissions. In the RAC Survey [7], 60% of drivers regarded exhaust fumes from motor vehicles as the main source of air pollution in Britain today (the highest score). These perceptions seem to be in accordance with the prominence given to the subject by the press and politicians in recent times.

In one national survey [9], 85% of those questioned thought that the existing roads will not be able to cope with traffic by the year 2000, and in another [10] 92% thought there was a need for major action now to deal with an anticipated increase in urban traffic-related problems.

In London, the importance of traffic congestion is rated even more highly than in the national surveys (see Table 2). In a recent survey for NEDO (1991a) [14], half of those questioned listed congestion as one of the three main problems of living in London; this was the most frequently mentioned problem, followed by house prices (43%) and burglary and assault (34%). Respondents in another survey [11] were asked which was the worst problem of living in London, and here too traffic congestion came top (mentioned by 34%). These two surveys also found that nine out of ten Londoners felt that traffic congestion had become worse over the last ten years, and around 80% anticipate a further deterioration over the next decade. Other



studies (not shown in Table 2) have also reported concern about levels of congestion and about overcrowding on public transport in the capital; not least a survey by the London Chamber of Commerce, which rated poor transport as an important factor influencing foreign banks to locate in European cities other than London (London Chamber of Commerce and Industry, 1991).

**Table 1: Perceived Severity of Traffic Problems in National Surveys**

**AT THE PRESENT TIME:**

"There is more traffic on the roads now than there used to be. How serious a problem do you think this is?" [3]	Very/Fairly Serious	81%
"Traffic fumes are a major contributor to acid rain and other environmental problems" [9]	Agree	79%
"Is traffic congestion a major problem in your town centre?" [1]	Yes - London Yes - Other	92% 65%
"Traffic congestion and pollution is a serious problem in our larger towns and cities" [10]	Agree	95%
"How serious a problem if at all in large towns and cities, do you consider the following to be: [2]		
Road safety	Very/fairly	72%
Slowness of traffic	Serious	58%

**CHANGES OVER TIME:**

"Urban traffic problems are going to get worse, and something major needs to be done to deal with them" [10]	Agree	92%
"Traffic congestion is increasing so fast that existing roads will not be able to cope by the year 2000" [9]	Agree	85%

Numbers in brackets [ ] refer to the surveys listed in the Appendix.

Source: Table adapted from Jones (1991a), Table 2.

**Table 2: Perceived Severity of Traffic Problems in London**

**AT THE PRESENT TIME:**

"Is traffic congestion a major problem in your town centre?" [1]	Yes - London Yes - Other	92% 65%
"What do you see as the <u>main</u> problems of living in the London area [Traffic congestion had the highest score] [14]	Traffic jams & congestion	50%
"What are the <u>worst</u> things about living in London?" [Traffic congestion had the highest score] [11]	Traffic and Congestion	34%

**CHANGES OVER TIME:**

"Has traffic congestion become better or worse or remained the same [in London] over the <u>last</u> 10 years?" [11]	Worse	93%
"Traffic on the roads in and around London ... over the last ten years..." [14]	Bit or much worse	88%
"Traffic on the roads in and around London... based on past experience, what do you think the situation will be in ten years time?" [14]	Bit or much worse	82%
Do you expect traffic congestion to become better "or worse or stay the same in London over the <u>next</u> 10 years?" [11]	Worse	77%
"London's cars will only be able to travel at walking pace in the rush hour by the year 2000" [4]	Agree will happen	53%

Numbers in brackets [ ] refer to the surveys listed in the Appendix.

Source: Table adapted from Jones (1991a), Table 2, with additional material.



### 3. NATIONAL VIEWS ABOUT WHAT SHOULD BE DONE IN TOWNS AND CITIES

Given the clear public recognition that road traffic congestion and the environmental and safety impacts of traffic are serious problems - and likely to get worse - the various national surveys have gone on to ask what the public feel should be done to deal with these problems, in the larger towns and cities.

#### 3.1 Support For Various Measures

Table 3 compares support for ten different policies to deal with urban traffic problems across nine of the national surveys. These results should be interpreted with some caution, since the precise options presented varied from survey to survey as did the context (eg in some cases the question spelt out the advantages and disadvantages of a policy), as well as the strength of feeling that respondents were asked to register. In addition, in some cases responses were unprompted (ie respondents were asked to suggest the measures), whereas in others respondents were shown a check list of measures and asked to rate each one. Nevertheless, despite these methodological differences, there is a striking degree of agreement across the surveys.

With only one or two minor exceptions, the rank ordering of support for the different policy measures is consistent across the surveys, and the percentages agreeing with a policy are often very similar. Where they do differ, it is often a scale effect; for example, support ranges from 91% to 21% in the RAC Survey [7], and from 59% to 4% in the LEX 1990 Survey [5] across the same range of policies - but the rank orderings are identical. Question wording also has an influence; in the Consumers' Association survey [2] the public transport option [B] referred only to 'better bus services and more bus lanes' and made no mention of rail; on the other hand it talked of 'stricter enforcement of current traffic regulations to keep traffic moving' and not just of parking enforcement [G] - this may explain why the score for the former is lower and the latter higher than average.

Taking Table 3 as a whole, what we find in the national surveys is strongest support for policies that provide alternatives or supplements to car use, without directly affecting the ability to travel by car: park and ride schemes, public transport improvements, encouraging walking and cycling. Next come traffic regulations: better parking enforcement, and new restrictions on cars entering central areas, which generally have majority endorsement. Support for more road building is expressed by about half the population, but also has a sizeable proportion against as well as for. The introduction of some form of road user charging in inner/central city areas is generally supported by only a minority (typically a quarter to a third); and a general increase in petrol tax is regarded with the least enthusiasm.

Many transport and planning professionals are agreed that some form of road user charging is likely to be the most effective and flexible way of coping with the growth in urban traffic. However, it is clearly one of the least popular measures among the public at large - in part due to lack of understanding about the issues involved. This has led to something of an impasse, with the professionals being supportive of restraint and the politicians being cautious.

Table 3: Support Found in National Surveys For Different Policies to Reduce Traffic Congestion and Environmental Impacts in Urban Areas

	[7]	[9]	[10]	[2]	[5]	[6]	[8]	[3]	[1]
A. Provision of park and ride services	91%				59%				
B. Improving/subsidising bus and rail schemes	88%	86%	79%	63%	48%	36%		69%	1st
C. Encourage car sharing/pooling	81%				37%				
D. Encouraging walking and cycling		77%		73%	33%		78%		
E. Use of traffic calming measures to reduce accidents			74%						
F. Banning/restricting cars in central city areas	71%	69%	53%	70%	26%	21%	65%		2nd
G. Better enforcement of parking and other controls		66%		74%					3rd
H. Building new roads/motorways/car parks	49%	64%		47%	23%	30%	51%	33%	4th
I. Charging drivers to enter congested city centres	29%	38%	30%	27%	14%	4%		32%	
J. Taxing petrol more	21%				4%	4%		7%	

Source: Derived and updated from Jones (1991a), Table 7.  
Numbers in brackets [ ] refer to the surveys listed in the Appendix.

### 3.2 Adopting a Package Approach to Urban Road Pricing

One way around this difficulty, that is being increasingly advocated in studies carried out on behalf of urban local authorities in the U.K., is to see traffic restraint as an integral part of a package of measures to cope with future traffic growth - that both restrains car use and provides acceptable alternatives.

This has two main advantages. First, it is more likely to 'work' and to result in reductions in car use; and second, it is more likely to be accepted by the 'man in the street', and hence become politically acceptable too.

A recent OECD (1990) report concluded that:

"...while there is a tendency to treat the various instruments in isolation, there are benefits to be gained by combining a number in one package.... In the Stockholm example of cordon pricing, the combination of this policy with subsidised public transport fares will generate significantly greater environmental benefits."

But is there evidence that the public would be more willing to accept road pricing if it were part of an integrated package of urban transport measures?

Most of the national surveys shown in Table 3 dealt only with public attitudes towards a series of individual measures. The single exception was Survey [10], recently commissioned by the Transport Studies Unit to specifically compare attitudes to road user charging as a stand-alone measure, and as part of a comprehensive, internally funded package.

The stand-alone road user charging option was described to respondents as: "Charge motorists a fee for driving in heavily congested/polluted areas of cities", and this only received support from 30% of adults nationally - with a net support (ie supporters minus opponents) of -27%. Then the **same** respondents were asked whether they would support a **package** of measures that included road user charging, with revenues generated from the scheme being used to pay for the other elements. This produced a very different pattern of response.

Table 4A reproduces the precise wording used, and shows the responses of the population. Here it can be seen that support for road pricing **virtually doubles** when it is presented as the cornerstone of a package of measures that improves alternative modes and provides a safer and more pleasant environment. A net rejection of 27% is transformed into a net support of 23%: only around half the respondents supporting the package had also supported road pricing on its own.

Looking in more detail at variations in support among groups of the population, we observe:

\* Similar levels of support across social groups, among car owning and non-car owning households, and among men and women. There is slightly greater support among younger people, and those living in urban areas.

\* Support is highest for this package in the congested South East (62% for, and +31% net support) and the West Midlands (63% for, and +34% net support); and least in Scotland (49% for, and +7% net support) and the North region (42% for and 42% against), where congestion is generally less of a problem.

**Table 4A: National Support For An Urban Transport Package Based Around Road User Charging**

*Respondents were asked whether, on balance, they would support the following package:*

"Charge motorists a fee for driving in congested areas

And use this money to provide:

- \* Much better quality and cheaper public transport, PLUS
- \* Measures to reduce accidents in residential areas, PLUS
- \* Better facilities for pedestrians and cyclists"

*Responses were as follows:*

Support	Oppose	Net Support
57%	34%	+23%

Source: Jones (1991b), Table 3.

**Table 4B: Support For Package-Based Road User Charging in London**

*Respondents were first asked about road user charging as an isolated measure:*

"One method of reducing congestion is for drivers to pay to use roads at certain times. Rather than using toll gates or barriers, this could be done in other ways, such as a meter in your car. Forgetting about the precise method, how acceptable would you find the general idea of being charged for road use?"

Support	Oppose	Net Support
43%	53%	-10%

*They were then asked to suggest how funds raised from road user charges should be allocated among a list of possible uses, and finally questioned on their attitudes towards this package:*

"Thinking about what we've discussed and if the money raised is spent in the ways you have suggested, how acceptable would you now find road charging?"

Support	Oppose	Net Support
63%	32%	+31%

Source: NEDO (1991a).

- \* Support is lowest among the 13% of respondents who travelled by car daily (51% for, and +6% net support), but it is correspondingly more strongly supported by less frequent car users and non-car users.

In virtually every grouping of the data, more people are in favour of such a package than are opposed to it.

The finding from this national survey significantly changes the status of the debate about road user charging - and other forms of direct traffic restraint - from being of marginal to central policy significance, if such measures are explicitly treated as part of a package. Note, however, that this does not mean that the package put to respondents in this survey is the 'best' one, by any means. It was based on judgement rather than research into which type of package would command maximum support, and so it is probable that public acceptability could be further enhanced, without compromising the objectives of the scheme.

Research just completed in London confirms the significance of adopting a package approach as an influence on levels of public acceptability, and in that work it was possible to explore alternative road pricing options in some depth.

#### 4. WHAT LONDONERS' THINK SHOULD BE DONE IN THE CAPITAL

Certain trends have recently emerged in the Government's response to growing traffic congestion in London: the road building options have been downgraded, public transport improvements (new railways and more bus priorities) have been given high priority, and determined efforts are being made through the 'Priority Routes' initiative to update and enforce parking regulations; road user charging is being held in reserve, as a 'policy of last resort'. The implied political weighting of priorities behind these decisions is broadly in line with the general preference ordering from the national surveys as shown in Table 3, when each measure is considered in isolation.

To a certain extent, public opinion in London shares similar priorities to that found nationally. When respondents in the recent NEDO (1991a) survey [14] were asked for their unprompted ideas about what should be done to deal with traffic problems in London, improvements in public transport were the most popular measure for combating congestion: 46 per cent mentioned at least one public transport improvement. Changing behaviour - for example, by encouraging people to use their cars less, car sharing, encouraging use of public transport - was the next most popular group of measures (24%), followed by improving roads (23%). Charging for the use of road space was mentioned spontaneously by only eight per cent.

However, when asked specifically about how acceptable they would find a road user charge, 43 per cent of Londoners replied that they would find it either totally or fairly acceptable in Central London at the present time (see Table 4B).

They were then asked to assume that the money raised from a road user charge would be spent on various measures (such as improvements to public transport), which they had selected in answer to a previous question. How acceptable would they find a road user charge in those circumstances? The percentage who found such

a charge totally or fairly acceptable rose from 43 per cent to 62 per cent.

The most significant change was among the group who had previously found the charge 'not very acceptable'. Over half of this group revised their opinions upwards to fairly acceptable (49%) or 'totally acceptable' (4%). Meanwhile a hard core remained of 13 per cent of the sample who still found the idea 'totally unacceptable' - even when offered road user charging as part of a package with an allocation of expenditure that they had chosen - and 19 per cent who found it 'fairly unacceptable'. Some differences in the balance of views were found among various sub-groups of the population; in particular, respondents in the professional/managerial social groups were more strongly in favour and skilled manual workers more strongly opposed to road pricing than average. Such a variation might be due to differences in education and awareness of the issues, or it might be an income effect - since it would be the skilled manual workers that would be more likely to feel they could not afford the charges. In addition, some of the latter are self-employed (eg builders or electricians) and need a car or light van to transport tools, samples, etc.

The results from the NEDO survey are reasonably consistent with those of earlier surveys in the London area, as can be seen from Table 5. A study of five West London boroughs in 1989 produced between 30 and 55 per cent support for road user charging, depending on the package presented; another, covering two other London boroughs in 1990, resulted in between 34 and 46 per cent support.

**Table 5: Support For Different Policies to Reduce Traffic Congestion and Environmental Impacts Among Londoners**

	[11]	[12]	[13]	[14]
B. Improving/subsidising bus and rail schemes	86%	65%	69%	46%*
D. Encouraging walking and cycling			69%	
F. Banning/restricting cars in central areas	67%	39%	53%	14%*
H. Building new roads/motorways/car parks		47%		23%*
I. Charging drivers to enter busy city centres		30%- 55%	34%- 46%	43%- 62%
J. Taxing petrol more	4%			

Source: Derived from Jones (1991a), Table 7, with additions.

\* Unprompted response

Numbers [ ] refer to surveys listed in an Appendix.

Letters tie in with options listed in Table 3

A simple cordon toll scheme, whereby car drivers pay a fixed charge for each entry to the area, with exemptions 'for certain priority users', was supported by 46 per cent and 55 per cent of those questioned (surveys [13] and [12], respectively), but this dropped to 34 per cent/37 per cent supporting a mileage-based charge for non-priority users. Forty to fifty per cent were also in favour of a ban on cars in central London, except for those with special permits such as doctors and local residents.

Reactions to methods of charging were also studied in the 1991 NEDO survey [14]. The most acceptable method proved to be a simple area licensing scheme; a more sophisticated scheme based on electronic metering inside the car (with post payment) was found acceptable by only 15 per cent of respondents, and a Smartcard type system only by eight per cent. However the use of electronics for enforcement was much more widely accepted (41%).

Asked when the charge should be introduced in different areas of London (Central London, the inner suburbs and the outer suburbs), 56 per cent felt that it should be introduced in Central London now, whereas only 16 per cent wanted it in the inner suburbs now and only six per cent in the outer suburbs. A scenario of future journey times (a) twice as long and (b) three times as long as currently changed the response appreciably: whereas support for road user charging in Central London remained unchanged in case (a) and only moved up two points in case (b), in Inner London with journey times twice as high support doubled with 33 per cent in favour, and 36 per cent if they increased to three times the present length. The corresponding figures for the outer suburbs were eleven and 21 per cent (ie a doubling and trebling of support, respectively). Respondents in professional and clerical occupations showed more enthusiasm than respondents in semi-skilled and unskilled occupations.

The likely behavioural responses to four different levels of charging in Central London were also examined (see Table 6), and a surprisingly similar reaction was found at peak and off peak times. Whereas the prospect of a charge of £5 an hour in Central London at peak times would cause 51 per cent of Londoners to switch to public transport and 23 per cent to remain in their cars, the equivalent figures in off peak hours would be 61 per cent and 20 per cent, respectively. At £2 and £3 an hour, the percentage of drivers paying to use their cars would be the same at peak and off peak times. When the price falls to 50 pence an hour more drivers say that they would pay to use their cars off peak than in peak periods (82 per cent compared with 73 per cent).

In both the inner and outer suburbs a slightly higher proportion opted to stay in their cars than in Central London, even at £5 an hour (28 per cent and 34 per cent respectively at peak times, 24 and 31 per cent off peak). This may be due to lower quality and less frequent public transport in the London suburbs than in the centre. Note that in all cases there was a substantial anticipated transfer to public transport, rather than a decision not to make the journey at all.

Overall, the survey results indicate that substantial investment in public transport is a necessary precondition to the introduction of a road user charge - both to make the concept publicly acceptable and to cope with the considerable modal transfer that this survey suggests would occur.

**Table 6: Anticipated Travel Responses to a Road User Charge Introduced in Central London At Peak And Off-Peak Times**

#### CENTRAL LONDON AT PEAK TIMES

Base : (128)	CHARGE PER HOUR			
	50p %	£1 %	£2 %	£5 %
Pay to use car in peak	73	63	45	23
Switch to public transport	14	20	34	51
Use car, but off-peak	10	12	11	16
Not made journey at all	3	3	9	9

#### CENTRAL LONDON OFF-PEAK

Base : (217)	CHARGE PER HOUR			
	50p %	£1 %	£2 %	£5 %
Pay to use car	82	63	45	20
Switch to public transport	12	30	43	61
Not made journey at all	5	6	11	18

Source: NEDO (1991a), Tables 9 and 10.

#### 5. ADDRESSING PUBLIC OBJECTIONS TO URBAN ROAD PRICING

Despite the higher degree of support for urban road user charging when presented as an integral part of an urban transport policy package - in which the measures both encourage a degree of restraint on car use and provide a means of funding various transport improvements - it is still not a very 'popular' policy: around 60% support still leaves 40% opposed, at the present time. In the recent London survey [14] it was noted that there was a hard core of opposition from 13 per cent of respondents who were totally opposed to the package, and a further 19 per cent for whom it was 'not very acceptable'. This level of resistance may not prevent implementation of a road user charge-based package, since politicians do seem more willing to take unpopular measures where there are clear and demonstrable benefits

to be derived from doing so<sup>1</sup>, but it is clearly sensible to identify and address as many of the remaining public concerns as possible.

Some of these have already been resolved in the more recent proposals, or could be by devising more imaginative uses of the new technologies. We consider some of the main objections that have been voiced, in turn:

### 1. *Road pricing won't work - people will still travel by car.*

Many argue that drivers would be very insensitive to price increases, and so road user charging would not reduce traffic levels. This objection is often voiced by engineers and politicians as well as the public, but is not used in other areas of the economy where market pricing is applied, or indeed in the case of public transport - where many believe that motorists' behaviour would be price sensitive if public transport were cheaper.

To quote a practical example, Singapore's experience has demonstrated that traffic levels can be substantially reduced through pricing and can kept at that lower level over considerable periods of time, without constant upward revisions to prices (Pendakur et al, 1989). This is particularly significant, since the cost of the Area Licence (at about £1 per day) is quite low relative to the costs of car purchase and annual registration in that country. The results of the NEDO survey reported in section 4 also indicate a likely significant shift in mode and travel time were road charges introduced in Central London (see Table 6).

Some writers point to the insignificant reduction in traffic levels in Oslo and Bergen following the introduction of the toll rings (Larsen and Ramjerdi, 1990). But these schemes were explicitly designed not to reduce demand, and in both cases the opening of the toll ring coincided with a significant increase in road capacity; for example, a new road in tunnel was opened under the city centre in Oslo at the time the toll ring commenced operation there.

### 2. *The technology is not proven - it won't be reliable*

While it is evident that there are still important advances to be made in the development of technology for the electronic collection of road user charges - as witnessed by the Singapore government's decision not to accept any of the tenders submitted in 1991 for an electronic road pricing system - there is no doubt that the simpler technologies do work adequately. For example, electronic tag-based AVI systems already operate successfully in many countries to collect tolls electronically. The more adaptable but complex Smartcard systems are also developing rapidly.

The main outstanding problems lie in adapting electronic toll gate technologies to the open road, where traffic may be weaving across lanes, or small cars may be masked by large trucks; most of the existing systems do not deal adequately with motorcycles either. However, these problems are recognised and technologies are

<sup>1</sup>In Oslo, for example, the urban toll ring was introduced in order to raise income for what were considered to be important road and public transport investments in the city, despite a majority of the population being opposed to the scheme, both before and after its implementation.

being developed to overcome them - hence the force of this objection is fast disappearing.

There are, however, still problems to be resolved as far as the use of electronic systems for monitoring and enforcement is concerned. The very high degree of accuracy in detecting offenders that is required (99.9 per cent is often specified) and the high speeds at which the systems have to operate mean that the design requirements are rigorous. Again, research is proceeding satisfactorily to produce suitable systems.

For a discussion of recent technological developments, see Thompson (1990).

### 3. *The system is an invasion of privacy*

Electronic tracking of vehicles can be an emotive issue, and was an important factor behind the public opposition to road pricing in Hong Kong, with its impending return to Chinese control. It is an issue which does not arise with manual systems where no record of legal movement is made, such as the Area Licensing Scheme currently used in Singapore.

There are two responses to this reservation:

- (a) In terms of countering the argument: equivalent information about personal behaviour is held by the tax authorities, credit card companies and telephone companies, and this has been accepted by the citizen. Similar or more stringent safeguards could be imposed on the electronic tracking and accounting systems used for road user charging.
- (b) Through developments in technology: it is possible to devise anonymous AVI systems, and with the various Smartcard systems under development there is no need - nor often ability - to keep track of individual movements, unless a valid card is not identified in the vehicle.

Note that attitudes regarding privacy are very context dependent. Where electronic payment is optional and viewed as a convenience - an easier way of making an accepted toll payment by avoiding the need to carry large amounts of cash - then it is generally welcomed and widely used. But when it is associated with a new form of charge and is compulsory, then it is strongly resisted by many.

### 4. *Road pricing discriminates against the low income driver*

This is an argument that is very frequently made and deeply held, particularly in countries where there are high levels of car ownership. As with the concern about privacy, there are two possible forms of response:

- (a) To accept the thrust of the argument, but to counter it at two levels:
  - by pointing out that this is also true for water, electricity, food, etc and there is no reason why road space should be treated any differently; and
  - by stressing that there are alternatives that are either free (eg walking or cycling) or cheaper than private transport under a road user charging regime (ie some forms of public transport).

- (b) To use the technological capabilities of the electronic accounting system to introduce a system that takes some account of equity issues.

Taking point (a), it is important to stress and make the public aware that road user charging is not primarily intended to stop people travelling altogether, but simply to divert them either to other modes of transport than the car, or to encourage them to drive at less congested times of day.

The NEDO survey [14] found that relatively few travellers would abandon their journey when faced with a road user charge. If a charge of £5 an hour was put on at peak times in Central London, for example, only nine per cent said they would not make the journey at all. The same charge at peak times in the inner suburbs would also 'lose' nine per cent of trips; in the outer suburbs, the figure rose to 14 per cent. At lower prices the percentages were even lower. At off peak times the percentages for 'lost' journeys ranged from 14 per cent in the outer suburbs, through 18 per cent in Central London to 24 per cent in the inner suburbs.

In assessing these figures it is important to bear in mind that:

- (i) The percentages of abandoned trips are probably an over estimate, due to policy response bias.
- (ii) Some 'abandoned' trips would switch to local destinations, or be consolidated within other journeys.
- (iii) The RAC survey [7] found that, on average, drivers reported that about 10 per cent of car journeys were 'not at all important'.

Concerning the technological response (b), there are a number of ways in which the latter might be achieved - subject to the limits of driver comprehension. For example:

- \* The charging rate might vary according to the number of units consumed per period, perhaps charging at a higher rate per unit above a certain level. At the other extreme, a free ration of units might be given to drivers each month.
- \* Charging rates might be varied according to the type of driver, based on person characteristics (eg disabled person, resident, visitor) or journey characteristics (eg number of journeys made to the area per month).
- \* Charging rates might vary not only by type of vehicle (eg motor cycle, car, truck), but also by engine size - or even perhaps the value of the car (as a proxy for income).
- \* Charging rates for road use might be linked to charges incurred for parking; as an example, someone paying an area entry charge might be given one or two free hours of parking within the area - this would help to reduce the distortions introduced in travel choices by some people having a free private non-residential space inside the area.
- \* There might be a similar link between road use charges and public transport - giving some free public transport use once a given amount of money had been contributed to the 'transport fund'.
- \* With the development of in-home information systems, it might become feasible both to pre-book a parking space and pre-pay for road use. The system

might then operate rather like purchasing an airline seat: a cheaper price for an advanced booking and a higher price for a last minute booking; or like a holiday booking: a guaranteed price in advance, but the uncertainty of whether the price would be higher or lower if booked at the last minute, depending on demand and the remaining supply.

In countries with lower car ownership level and limited physical scope for increasing road capacity, such as in Singapore or Hong Kong, road pricing provides an opportunity to increase the total car stock, by providing a more efficient way of balancing supply and demand. In the Hong Kong ERP evaluation, it was estimated that by introducing an ERP scheme, the ceiling on car ownership in the Territory could be raised by nearly 40% (from around 200,000 to 275,000 cars) without any adverse effects on congestion (Harrison, 1986).

#### 5. *Road pricing schemes cause considerable boundary problems*

This can be a serious problem with simple schemes, but one not confined to road pricing: it is also a characteristic of other area-based regulations such as the Italian limited access zones, or the British Controlled Parking Zones. In Singapore the ALS scheme has caused some congestion on the surrounding ring road - but this has to be set against the benefit of a free flowing CBD area.

Now that electronically based schemes are feasible, it is possible to overcome many of these problems by applying road charges over a much wider area (for example, using multiple cordons, as in the Hong Kong example), and by having graduated charges at different times of day. Another possibility with electronic systems is to have a 'fuzzy' charging area, as is the case in the proposed Congestion Pricing scheme in Cambridge (Thorpe and Hills, 1990), where charges would not be predetermined rigidly in space or time, but be adjusted dynamically in real time according to the prevailing levels of congestion.

#### 6. *Road pricing is just another form of taxation*

It has historically been the case with some - but by no means all - road user charging proposals that the revenue raised has gone into general taxation. This applies to the Area Licence Scheme in Singapore and was embodied in the proposals for Hong Kong - where this was an important factor contributing to rejection of the proposals. However, it is clear from the evidence presented in this paper from the 'package' surveys (both nationally and in London) that road pricing would be much more acceptable if introduced in the form of a road user charge with the money raised being used specifically for transport and environmental improvements.

The NEDO study [14] asked Londoners how funds raised from a road user charge should be allocated. Over a quarter opted for improvements in London's public transport, with a further 12 per cent wanting the money to be spent on improving public transport nationally. A further 15 per cent wanted improvements in London's roads. The use of the funds was an important issue in public acceptability.

Politically, the European road pricing debate seems to be moving firmly in this direction - so that road pricing is not treated as another form of taxation, nor just as a



mechanism for restraining demand. The three toll rings successfully introduced in Norway were primarily income raising devices to fund specific projects, and in the Netherlands proposals for Regional Road Pricing have been withdrawn following public resistance; they are being re-packaged with a greater emphasis on revenue raising for needed new road and rail infrastructure, and less emphasis on traffic restraint. In the U.K. there are now suggestions that local authorities should be empowered to levy charges (via employers or directly from road users) to finance specific transport and environmental improvements.

## 6. CONCLUSIONS

The findings from the recent U.K. public attitude surveys presented in this paper suggest that in areas of high congestion and environmental pollution there is now sufficient public support to consider the implementation of an imaginative package of price-based traffic restraint, using the finance raised to improve alternative modes and the physical environment. Traffic conditions in the U.K. are generally perceived to be at their worst in London and here support for this pricing-based package approach is at its highest.

In general, the results of public opinion surveys have to be treated with some caution, since support can evaporate when individuals become aware of the full implications of introducing a measure for their own lifestyles. However, in the case of traffic regulation and restraint, there are grounds for believing that people would support measures that might cause them some personal inconvenience. For example, most people are in favour of better enforcement of existing traffic regulations, even though they recognise that this would result in some inconvenience to themselves on occasions (Jones, 1990). The notion that a pricing-based package would be publicly acceptable is given credence by the experience in Cambridge. Here it is proposed that the revenue raised from Congestion Pricing be used to pay for a light rail system, a better bus service and environmental improvements (see Thorpe and Hills, 1990) - and so far the strategy seems to have met with considerable public and political support.

The composition of an 'optimal' package will clearly vary from area to area, taking account of geographical, economic and social circumstances. In addition to engineering and financial assessment studies, it will be important to further investigate issues of public acceptability, including:

- \* Which measures should form part of the local policy package (eg is there a role for local new road construction)?
- \* How should the balance be struck between the level of charge, the intended degree of vehicle restraint, and the amount of investment in environmental improvements and transport alternatives that could be supported?
- \* In what form should road user charging be introduced, bearing in mind perceived public sensitivities regarding privacy, equity, etc?

Advances in technology are reducing - and may soon have the capability of removing entirely - many of the long standing objections to road user charging discussed in section 5. For example, it is likely that the fast developing technology

will soon be proven not just as far as the operation of electronic road user charging schemes is concerned, but also their enforcement. The technology could be used to provide built in concessions for underprivileged groups in the community, in a variety of ways, thus going some way to combat the equity argument. Finally, the necessity for invasion of privacy will be removed, either by the use of Smartcards or pre-paid electronic tagging systems.

The technological issues are thus now well understood and are in the process of being resolved. The limits as to what can be achieved on the ground are now largely human ones: on the one hand bounded by the ability of the average driver to comprehend and respond rationally to the selected charging regime, and on the other by the creative imagination of the professional in devising schemes that meet the remaining concerns. Here detailed research into public attitudes has a crucial role to play.

As a prerequisite to successful implementation of road user charging, however, it is important to encourage a more wide ranging and better informed dialogue between professionals, public and politicians about the best way to cope with urban traffic problems into the next century, and in particular about the role which urban road user charging might play.

At present, the level of public knowledge about the general principles of road user charging is low, both in terms of its function and form. It is likely that a debate about which investments should go ahead with monies raised through road user charging - and how these would contribute to reductions in congestion through mode shift, route diversion, etc - would increase levels of support and tip the balance in favour of road user charging over non-monetary forms of restraint (eg that rely on a complete ban, or use a permit or an odd/even licence plate system). The latter often score more highly in opinion surveys, as they appear 'fairer' because - apart from the permit systems - everyone is treated the same. However, this can make it difficult to accord priority to certain types of vehicle, and these systems do not generate revenues for investment and so do not directly help to increase capacity.

The second issue concerns the form of technology used to collect road user charges. The NEDO survey found considerable resistance to the idea of a sophisticated electronic scheme. This issue has to be addressed, either by beginning with a simple manual system and developing this into an electronic system over time; or by going directly for a more sophisticated electronic system that enables an attractive, flexible and easily understood charging regime to be implemented from the start (see NEDO, 1991b). In the case of Norway the former approach was adopted, with the first toll ring in Bergen being entirely manual, the second in Oslo having electronic passes for unlimited travel for given periods of time but manual collection for other charges, and the latest toll ring in Trondheim collecting most toll charges electronically on a trip-by-trip basis.

One of the lessons to be learnt from the abandonment of the Dutch road pricing scheme was that insufficient attention had been given to involving the public in the system design and in providing a programme of public education. This is needed both to inform and involve the public - to assist in the design of acceptable and effective schemes - and to give guidance and reassurance to the politicians. Most



people do recognise that 'something needs to be done' about traffic problems in towns and cities - to a greater extent than many politicians realise. A recent study for the International Union of Public Transport and the European Commission of over 12,000 adults in twelve European countries<sup>2</sup>, concluded that large majorities want a change in transport policy and that the public are more willing to accept public transport priority and car restraint in city centres than they believe are the politicians that represent them.

## REFERENCES

- Borins, S.F. (1988). "Electronic Road Pricing: An Idea Whose Time May Never Come." Transportation Research A, Vol 22A, pp 37-44.
- Goodwin P.B. and Jones, P.M. (1989). "Road Pricing: The Political and Strategic Possibilities." In: Systems of Road Infrastructure Cost Coverage. Round Table 80. European Conference of Ministers of Transport, February.
- Harrison, B. (1986). "Electronic Road Pricing in Hong Kong. 3. Estimating and Evaluating the Effects." Traffic Engineering and Control, January, pp 13-18.
- Jones, P.M. (1990). "Traffic Quotes: Public Perceptions of Traffic Regulation in Urban Areas". Department of Transport, Traffic Advisory Unit, HMSO.
- Jones, P.M. (1991a). "UK Public Attitudes to Urban Traffic Problems and Possible Counter Measures: a Poll of Polls." Environment and Policy C: Government and Policy, vol 9, pp 245-256.
- Jones, P.M. (1991b). "Gaining Public Support for Road Pricing Through a Package Approach." Traffic Engineering and Control, April, pp 194-196.
- Larsen, O.I. and Ramjerdi, F. (1990). "The Toll Rings in Norway in the Perspective of Road Pricing." Paper presented at the PTRC Conference into 'Practical Possibilities for a Comprehensive Transport Policy With and Without Road Pricing', London, December.
- London Chamber of Commerce and Industry (1991). "London's Future - A Foreign Banking Perspective", August 1991.
- May, A.D. (1975). "Supplementary Licensing: An Evaluation." Traffic Engineering and Control, April, pp 162-167.
- NEDO (1991a). "A Road User Charge? - Londoners' Views". National Economic Development Office, London, September.
- NEDO (1991b). "Amber Alert - Relieving Urban Traffic Congestion." National Economic Development Office, London, November.
- Pendakur, V.S., Menon, G. and Yee J. (1989). "TSM Innovations in Singapore, Lessons From Experience 1974-88." Transportation Research Board Conference, Washington, January.

<sup>2</sup>European Opinion Poll on Access to City Centres. International Union of Public Transport and the European Commission. September 1991.

- Roth, G.J. (1977). "World Bank Lending for Urban Transport: Illustrated by an Urban Transport Project in Kuala Lumpur, Malaysia." Traffic Engineering and Control, January, pp 4-9.
- Stoelhorst, H.J. and Zandbergen, A.J. (1990). "The Development of a Road Pricing System in The Netherlands." Traffic Engineering and Control, February, pp 66-71.
- Thompson, T. (1990). "Road Use Charging - The Current State of Technology." Traffic Engineering and Control, October, pp 526-532.
- Thorpe, N. and Hills P.J. (1990). "S.E.R.C. Funds Research on Congestion Pricing, With Cambridge a Possible Site for Demonstration". Traffic Engineering and Control, October 1990, pp 532-533.

# APPENDIX: Characteristics of the Attitude Surveys Reviewed in This Paper

<i>National Surveys</i>	Date of Survey	Sample Type	Sample Size
[1] Civic Trust: UK Audit of the Environment.	Summer 1990	Civic societies	109
[2] Consumers' Association, by MaS.	May 1990	All adults	2446
[3] Daily Telegraph survey, by Gallup.	June/July 1989	All adults	990
[4] "Lex Report on Motoring 1989", by Mori.	Nov/Dec 1988	Drivers	1576
[5] "Lex Report on Motoring 1990", by Mori.	Nov/Dec 1989	Drivers	1600
[6] "Lex Report on Motoring 1991", by Mori	Oct/Nov 1990	Drivers	1564
[7] Royal Automobile Club, "Green Drivers", by Mori.	September 1990	Drivers	1125
[8] Transport Studies Unit, "Traffic Quotes", (for Department of Transport), by MaS.	May 1988	All adults	2126
[9] Transport Studies Unit (for Rees Jeffreys Road Fund), by MaS.	October 1989	All adults	2428
[10] Transport Studies Unit, by Taylor Nelson	March 1991	All adults	2394
<i>London Surveys</i>			
[11] Association of London Authorities, by Mass Observation.	March 1990	London adults	1008
[12] Metropolitan Transport Research Unit (for five West London Boroughs), by Gallup	August-Oct 1989	Adults in Area	1426
[13] Metropolitan Transport Research Unit (for two London Boroughs and LPAC), by Gallup	February 1990	Adults in Area Regular central London drivers	400 400
[14] National Economic Development Office, "A Road User Charge? - Londoners' Views", by The Harris Research Centre	June/July 1991	London adults	489

## LES ENJEUX ET L'ACCEPTABILITE DU PEAGE

### Synthèse des discussions du thème 4 Patrick Bonnel, LET-ENTPE

Les précédentes séances ont illustré la multiplicité des enjeux du péage urbain. Si les situations diffèrent entre les collectivités étudiées, des constances apparaissent très nettement. Le constat sur la situation actuelle est partout le même. La congestion augmente fortement et tout semble indiquer que le mouvement devrait se poursuivre. La pollution suit la même courbe ascendante. Les finances publiques n'arrivent plus à faire face aux besoins de financement en infrastructure routière ou de transport collectif. Face à cette situation, le péage urbain semble pouvoir apporter certaines réponses.

La tarification de l'usage des infrastructures sous forme de péage permet de réduire la congestion. A cet effet, elle est un signal plus clair pour les usagers que les taxes sur l'acquisition d'un véhicule ou sur leur usage comme les taxes sur l'essence. Son application différenciée, tant sur le plan spatial que temporel, autorise une gestion plus fine de la demande de transport.

Le péage peut également orienter les choix des consommateurs vers des formes de mobilité moins consommatrices de biens publics. L'environnement est ici au centre des préoccupations.

Enfin, par les ressources qu'il procure, il réduit les contraintes de financement de nouvelles infrastructures. La question de son affectation à la voirie ou aux transports collectifs n'est toutefois pas tranchée.

Si les techniciens et les chercheurs sont assez nombreux à penser que le péage peut effectivement apporter certaines réponses aux problèmes évoqués ci-dessus, il n'en est pas de même du public et des élus. Les différentes interventions ont permis d'évoquer plusieurs aspects de l'acceptabilité du péage.

L'information de la population est évidemment primordiale. Celle-ci doit être consciente du problème à résoudre. Cela suppose une politique de communication et d'information adaptée aux problèmes que l'on cherche à résoudre. La prise de conscience progressive de la dégradation de l'environnement, spécialement dans les plus grandes agglomérations, va dans ce sens. D'autre part les solutions proposées doivent apparaître proportionnées aux problèmes posés et aux objectifs recherchés.

Les sondages menés en Grande Bretagne illustre la nécessité d'inclure le péage urbain dans une politique globale visant à résoudre les problèmes de transports urbains. Le nombre de personnes acceptant l'instauration du péage associée aux autres mesures devient alors plus important que ceux qui le refusent.

L'iniquité du péage est un argument fréquent des détracteurs du péage. A cela il peut être rétorqué que des alternatives sont offertes aux usagers (voirie gratuite et transports collectifs). L'analyse de la progressivité du péage peut aussi montrer que celui-ci apparaît plus progressif que de nombreuses taxes touchant l'acquisition et

l'utilisation de la voiture particulière. Les modalités de mises en oeuvre et l'utilisation des fonds collectés affectent également la progressivité du péage.

Dans l'opinion, le péage apparaît encore comme un moyen supplémentaire de taxation alimentant le débat sur la voiture "vache à lait". Si la théorie économique apporte des réponses, il reste à les faire partager par la population.

Si les conditions ne sont pas encore réunies pour que les citoyens acceptent le principe du péage urbain, les interventions illustrent une évolution des mentalités. L'exemple de la Californie est intéressant à ce titre. Des politiques originales de gestion de la demande automobile y ont été expérimentées. Mais elles apparaissent de plus en plus insuffisantes face aux problèmes de congestion, de pollution et de financement que connaissent les grandes agglomérations de cet Etat. Enfin l'analyse des formes de tarification des différents services urbains et de leur justification auprès de l'opinion ouvre également de nouvelles perspectives quant à l'acceptation éventuelle d'une tarification spécifique des déplacements urbains.

## TABLE RONDE

# LE PEAGE URBAIN PEUT-IL ETRE UN OUTIL EFFICACE POUR REGULER LE SYSTEME DE TRANSPORTS URBAINS ?

# **SOME FUNDAMENTAL QUESTIONS REGARDING THE USE OF PRICES AS A REGULATOR OF CITY TRANSPORT**

**Konrad W. Studnicki-Gizbert, Ph.D., F.C.I.T.**

## **INTRODUCTION**

There is little doubt that urban transport is one of the principal problems in modern urban economy; because planning and management of urban areas is of the most important challenges facing modern society, the analysis of urban transport policy problems should be one of the priority research areas in social sciences.

Quite often the present urban transport situation is described as a "crisis" and the nature of urban transport problems vary significantly between different continents and urban agglomerations. On one end of the scale there are exploding metropolitan areas in the Third World countries which experience a deep crisis of affordability of any form of urban transport or any major improvements of transport infrastructure. Then there are large urban agglomerations with relatively high population densities and enjoying good public transport, but unable to accommodate growing automobile traffic. On the other end of the scale, one can place urban agglomerations in North America, usually with lower population density and more dominated by automobile traffic than their European counterparts and less well served by public transport. On view of such diversity, it is doubtful whether it is possible to make any valid generalizations about "the urban transport problem" or to offer generally valid policy prescriptions. This statement does not imply the denial of value of international or inter-continental experience transfer -- on the contrary, the word should be the economist's laboratory and the utility of comparative studies must be considered as self-evident. Although no common solutions exist and, certainly, no simple general solutions to the urban transport problem can be valuable insights for dealing with specific problems. The present contribution, written from the point of view of Canadian experience, is offered in this spirit.

It is clear that modern urban areas are critically affected by the growth of automobile traffic. It is also clear that the existing methods of dealing with increasing urban traffic appear to be unsatisfactory: The urban congestion persists and results in high costs of urban mobility. It takes more time and more money for urban inhabitants to move slower and slower. Environmental effects of urban congestion are well known: atmospheric and noise pollution are clearly the results of urban traffic congestion. In the terminology of economics, additional use of congested streets creates important external diseconomies: additional vehicles entering the congested traffic streams generate social costs in excess of private costs borne by the motorists.

During the first post-war decades, the solution to the urban congestion problem

was sought in the expansion of road capacity, including massive construction of urban expressways. This remedy proved inefficient. Decline in traffic congestion proved to be mostly temporary and the construction of urban motorways had many negative side-effects, such as disruption of traditional neighbourhoods and, in North America, decline of the city core.

It is understandable that the use of direct traffic restraints by regulation, and the use of price mechanism to combat congestion are receiving considerable attention<sup>1</sup>. At the same time, the revival of political interest in "market solutions", brought a new enthusiasm to the idea of "regulating urban transport through the use of prices".

Unfortunately, the problem is more complicated than it appears.

### THE THEORETICAL MODEL AND ITS LIMITATIONS

The theoretical model used by the advocates of market solutions to the congestion problems can be summarized as follows:

Optimum resource allocation is achieved if the prices are set equal to their marginal costs. If external diseconomies exist, the prices should be set to equal to the marginal social costs. In the case of traffic congestion, social costs include both private costs to the motorist and costs of congestion imposed on the others, including environmental costs.

Secondly, the imposition of user charges would decrease the use of scarce roads and streets capacity and allocate such capacity in accordance with intensity of users' needs and their ability to pay.

This model is easily derived from the theory of welfare economics. The question arises: is it the correct model to use?

In order to answer this question, it is necessary to examine some of the foundations of the theoretical welfare economics. The theory is essentially static: time lags and costs of adjustment are excluded from the analysis. In other words, it is assumed that an economic unit can respond promptly to the changes in the relative scarcity of resources, as signalled by prices and that the move from the solution previously adopted to a new situation is not associated with costs (it should be noted that adjustments costs are not equivalent to transaction costs; transaction costs can be easily accommodated within the framework of neo-classical welfare theory, the adjustments are practically always associated with costs and the patterns of urban life change very slowly. Even in a new, fast growing city the majority of houses,

<sup>1</sup> The theory of congestion pricing had been well developed already in the late 1950ies. See, for example, A.A. Walters, "The Theory and Measurement of Private and Social Costs of Highway Congestion", *Econometrica* vol 20, 1961, pp 676-699; an interesting, unfortunately little known, contribution is by Maurice Allais, "La theorie economique et la tarification optimum des ifrastructures de transport: La Jaune et la Rouge, Numero special de 1964, pp. 108-114

commercial centres, offices and factories have been inherited from the past. Assuming that a city grows at 5 per cent per year over a ten years. Obviously, the relations established -- selection of the living and working places, places to shop, to entertain oneself, the relations with neighbour and friends take time. Secondly, the maintenance of such relations depends on costs and availability of transport, including investment in automobile.

It is clearly unrealistic to expect that people and businesses can react quickly and painlessly to the changes in prices in situations which resulted from a long period of evolution and expectations of continuity.

Therefore, the application of welfare economics to problems of urban growth and urban transport should be notified by the introduction of time-lags and costs of change.

### THE CONSEQUENCES OF A DECENTRALIZED CITY

Many of the urban economics models assume a concentric nature of the city. People travel from outside of the centre to the centre. In other words for travel to work and, to some extent for travel to shop, there exist one destination (or one area of destination) and multiple origins. The automobile, according to this model, has increased the spread of origins, while, essentially keeping the pattern stable.

The observation of real city, at least in North America, indicates that this model is unrealistic. The modern factories are usually located outside the densely populated urban area in a decentralized industrial and warehouse belt (industrial parks); furthermore, many offices are now located outside the centre, creating the, so called, "fringe cities". The effect of such evolutions is that the modern city traffic is increasingly becoming multiple destinations -multiple origins and not as it has been assumed multiple origins - central destinations. Of course, these changes are the results of the arrival of the automobile and create new congestion patterns<sup>2</sup>. They also have serious implications on the incidence of user taxes on automobile and of the impacts of different types of such taxes on various groups of users.

<sup>2</sup> The study by Surendra Gera and Peter Kuhn (Occupation, Locational Patterns and the Journey to Work, Economic Council of Canada, Discussion Paper No4, Ottawa: Supply and Services Canada, 1978) indicates that (a) concentric pattern in Canadian cities is rather weak; (b) blue collar employment opportunities tend to be concentrated in the outer areas; (c) public transport services were geared mostly to connecting the high status residential areas with the downtown core. These findings have been confirmed by many other studies. Also, not surprising, the percentage of persons arriving by public transit is highest among travellers to and from downtown and it increases with the size of the city: in 1981 it was 75% in Toronto, 54% in Ottawa and 50% or less in Calgary and Edmonton (Surface Policy and Programs Directorate, Transport Canada, "Financing Public Transit -- The Canadian Experience", a paper presented to the European Conference of Ministers of Transport, February, 1986).

## INCIDENCE OF USER TAXES

It is often assumed that the use of the automobile is associated with higher income. Thus, taxes on automobile use have been considered to have positive income distribution effect. This assumption corresponded to the reality in the past but no longer to the current situation in higher income countries. Canadian family budget statistics, for example, clearly indicate that the higher working class and lower middle classes have the highest proportion of automobile expenses to total income<sup>3</sup>. This is hardly surprising, because these are the groups most likely to be employed in external belt of industrial and office parks. These groups have also the least choice of alternative transport mode.

The related question is the distribution of the burdens of user taxes and of the benefits of subsidies. This distribution affects different user groups differently.

In the case of businesses subsidizing automobile use by providing automobiles and parking space to their senior staff, user taxes simply increase the costs of compensation of such employees and have little or no effect on automobile use. Therefore, the automobile use in such a case has a low elasticity of demand and is not related to the urgency or utility of travel.

In the case of automobile travel to employment in the suburbs or in the industrial belt, parking space is normally provided free, which is the result of lower land values and, in North America, under-taxing of such land. The employees are likely to pay the costs of automobile travel and often have few alternatives to use subsidized public transport. It should be noted that most of the schemes to encourage automobile pooling have proved to be a limited success<sup>4</sup>. Therefore, increase of automobile taxes is likely to result not in diversion of travel from automobile to collective transport, but simply to the increase for employment costs. Such cost increases may either be reflected in higher wages or in lower real incomes. The final effects are not easy to predict. There are too many inter-dependencies involved, including subtle changes on work and travel patterns of families where both husband and wife work.

## WHAT SHOULD BE OPTIMIZED?

Economic analysis is largely optimization analysis. The economists, as professionals, tend to seek "optimum solutions". Therefore, in assessing price policies

<sup>3</sup> The highest percentage of family expenditures on "private", that is automobile, transport was recorded for the groups with income between \$20,000 and \$35,000, that is "lower-middle" and "middle-middle" classes. For all income groups, expenditures on private transport exceeded expenditures on public transport. (Statistics Canada, Family Expenditures in Canada, Selected Cities, 1984, Cat. No. 62-555)

<sup>4</sup> For example, City of Vancouver experimental program, carried out in 1976, indicated that pooling tended to result in a diversion from public transit rather than from private cars. City of Vancouver, Engineering Department, "Project Turn-Down Traffic; Overall Project Review", August 1977.

proposed to improve the functioning of the transport system, the key question by Lancaster and Lipsey<sup>5</sup> the problem of the "Second Best" or the sub-optimization draws the attention to the situations where partial optimization, or sub-optimization, will lead to undesirable results.

Let us illustrate the problem by examples from planning of buildings. In a shopping centre, the public space is unprofitable. Yet, the shoppers are encouraged by decorations and often provided seating space to spend their time in this part of the centre. It is easy to see that the public space could be diminished and to discourage people from being there, rather than spending money in profit producing shops. It is also obvious that such a policy would lead to a disaster for the shopping centre as a whole. What is being optimized is not the direct profit per square meter, but total profits of the centre which depend on its over-all attractiveness.

One can adopt this analogy to the functioning of the city as a whole, which has been felicitously defined as "a mechanism for maintaining human contact"<sup>6</sup>. What we should try to improve is the functioning of the city rather than to optimize the functioning of any one of its parts. If this principle is adopted, it is clear that the functioning of the urban transport should be considered as an element of the over-all planning and management of the cities and making them more attractive by an intelligent mix of private and public facilities, traffic free streets and easy access to places where people want and have to go.

Unfortunately, at least in North America, this simple general principle is often disregarded. Numerous of policies exist, some use regulations, some price mechanisms (if one includes subsidies and taxes as price instruments), however such policies are usually mutually contradictory. The concrete examples are:

(1) The governments encourage low density development; individual house ownership is encouraged by the supply of mortgages on favourable terms (mortgage insurance by Canadian Central Mortgage and Housing Corporation), or, as the United States and the United Kingdom, by making mortgages tax deductible. Low density favours the use of automobile and tends to make public transport uneconomical.

(2) Urban taxes further encourage low density; property in city centres is taxed higher than property in the suburbs. However, the development of suburbs tends to impose costs on the centre.

(3) In contrast with some European countries, planning of suburbs and of satellite towns is left to commercial developers. The result has been: efficient production of houses and of attractive industrial or office parks and over-all inefficiency of the traffic

<sup>5</sup> R.G. Lipsey and K. Lancaster, "The General Theory of Second Best", *The Review of Economic Studies* vol. XXIV, 1956

<sup>6</sup> Christopher Alexander, "The City as a Mechanism for Sustaining Human Contact" in Wm. B. Ewald, jr. (ed) *Environment for Man. The Next Fifty Years*, Bloomington: Indiana University Press, 1967, pp. 60-109.

patterns resulting from such land use. Great fortunes have been made on the acquisition, subdivision and sale of land and houses, but the profit incentive favoured extensive land use. Public transport has usually been planned as an afterthought -- a new suburb or a new satellite town has been built, now, let us bring the buses and subsidize inherently unprofitable services.<sup>7</sup>

(4) Although, most of the cities in North America have strong urban planning regulations, such regulations tend to be of negative, rather than positive nature: undesirable changes are made difficult, but substantial, integrated, large scale improvements are not encouraged. Furthermore, this approach has resulted in specialized, single activity, rather than in multipurpose developments. The existence of specialized, segregated districts tends to maximize inter-area traffic and exacerbate the peak problem.

(5) Income and business taxes encourage automobile uses by some classes of employees, especially senior staff. Expensive automobile, free and convenient parking space and mobile telephone have become status symbols and are subsidized by the existing tax systems.

Unfortunately, city patterns tend to be durable. They are a product of evolution over a long period of time and are a product of different, often contradictory policies. Consequently, the remedial actions should also be co-ordinate and form parts of long term plan.

This reasoning should not be considered as an argument for "all-or-nothing" approach, or condemnation of particular improvements. Important and useful as particular actions can be, they should be evaluated in terms of the total functioning of the city as a whole and examined carefully for "intended consequences", that is possible negative side-effects, which will result in an overall sub-optimum situation.

### SOME OBSERVATIONS ON THE FINANCIAL ASPECTS

Finally, a few observations on the financial aspects of the problem of urban transportation.

(1) Very large sums of money are spent on urban infrastructure, transport, water supply, waste disposal etc. Also large sums are spent -- directly or indirectly -- on transport and housing subsidies and maintaining various functions in the urban areas, including social services and security. In general, such large expenditures are justified by the needs of growing urban populations and by the importance of the cities to the national economy. Paying for urban transport is an element of total large expenditures

<sup>7</sup> For a well documented study on the relationship between nodal split and population density, see B.S. Pusharev and J.M. Zupan, *Public Transportation and Land Use Policy*, Bloomington: Indiana University press, 1977. The theme of the book is summarized by the front page quotation from J.P. Keith: "America's basic transit problem is not technology but arranging activities so people can ride together".

necessary to have cities function efficiently. The problem is not necessarily to spend less but spend large sums of money intelligently.

(2) The institutional arrangements -- at least in North America -- are largely inefficient. There exists a fragmentation of responsibilities between different levels of governments (city, province or the state, and national or federal governments) and, often, between different programs. This results in many contradictions.

(3) The financial resources of the cities are limited. This leads to the search for popular programs which can attract subsidies and the search for new sources of revenues. One could suspect that the current interest in user charges is strongly related to the pressure for additional revenues.

(4) Already automobile user pays a number of taxes and charges: vehicle registration tax, fuel tax and, usually, parking fees. Vehicle registration and fuel taxes are collected at the national or provincial level are normally considered as parts of overall budgetary revenues of senior governments this arrangement tends to be favoured for reasons of fiscal policy. Parking fees accrue directly to the municipalities, who may also collect taxes on private parking facilities. Although adjustment to parking fees and parking taxes appears to be a simple way of taxing traffic in the congested areas, this approach would need to be carefully re-thought. Where parking is limited and parking charges differ, the workable scheme requires careful balancing of the supply of parking and parking prices.

In view of the above noted complexities, the logical solution to the urban transport problem requires an integrated approach and the elimination of the existing contradictions.

### CONCLUSIONS

The present contribution should not be understood as an argument against using price mechanism to improve urban transport. On the contrary, where an urban area functions in generally adequate manner, a well designed, simple system of using prices, taxes and subsidies should provide reasonable improvements.

Intelligent use of policy instruments requires that

(1) Over-all objectives are understood and the dangers of sub-optimization are avoided, and

(2) The secondary effects or unintended consequences are carefully considered.

In order to achieve positive results, co-ordinate planning of urban areas is required.

In this context, it is important to identify the difficulties of using user-taxes as a policy instrument. They are:

(1) The burden of such taxes tend to fall unevenly on different population groups; it would fall mostly on those who live and work in the areas of low concentration.



(2) The effect of transport taxes on use pattern is likely to be limited. Transport demand is a derived demand for employment, living space etc, that is from some basic choices which are difficult and costly to change.

(3) According to the well established principle of welfare economics (Parieto-Kaldor principle), the change is desirable if those who gain by it can compensate the users and still reach a superior position. There is little doubt that policies leading to a decreased use of automobile and increase in traffic fluidity would produce both economic and environmental gains. It is also clear that any workable scheme would also lead to serious losses to some individuals and to some population groups. Economic theory is silent on the desirability of providing compensation to the losers. Political practice is however quite clear that without compensations of the losers (direct or indirect) desired change would not be acceptable. Thus the planning of adequate compensatory measures should form a part of any urban transport reform which is to have a chance of being adopted.

Contrary to the opinion of many economists, economic analysis in this field does not lead to the adoption of simple general solutions but to caution in the examination of solutions proposed.

At this point I would like to make my position clear. I believe that urban crisis requires an intensive search for imaginative solutions. We have to reconsider many of our ideas about the organization of urban transport and of the whole system of regulations, taxes and subsidies. However, the search for imaginative solutions should not lead us to forget difficulties and limitations of proposed policies.

## QUATRE QUESTIONS POUR UN DEBAT

Alain Bonnafous

Professeur à l'Université Lumière-Lyon 2

Directeur du Laboratoire d'Economie des Transports

### 1. S'AGIT-IL SEULEMENT DE FINANCER L'OFFRE...

Tout système de tarification publique s'inscrit dans une pondération de trois objectifs : *la couverture des coûts, l'orientation de la demande et, enfin, un objectif de redistribution*. En simplifiant à peine, on peut dire, cependant, que tous les systèmes de péage d'infrastructure qui ont été introduits jusqu'ici, à l'exception de celui de Singapour, l'ont été dans un objectif déterminant de couverture des coûts.

Il est clair, par exemple, que le péage autoroutier a été introduit en France pour financer un réseau qui avait accumulé un impressionnant retard historique. Le dispositif ainsi mis en place peut, certes, être analysé comme un mécanisme "*d'internalisation*" d'effets externes, propre à favoriser une meilleure allocation des ressources.

Ainsi, les autoroutes concernées permettent-elles de supprimer des effets externes produits sur le réseau ancien : encombrements, insécurité, inconfort, etc. En imposant un péage aux usagers de ces infrastructures, on procède bien à une internalisation, même si ce ne sont pas les externalités négatives qu'ils produisaient sur l'ancien réseau que l'on demande aux usagers de compenser, mais les externalités positives produites par le nouveau réseau qu'il leur est proposé d'acheter. Cet achat n'a aucun caractère obligatoire puisque ces usagers ont le loisir d'utiliser le réseau ancien.

Le choix entre les deux solutions de financement, qui revient à faire payer l'infrastructure nouvelle soit par le contribuable, soit par l'utilisateur, est évidemment un choix politique, bien souvent surplombé par des considérations économiques, telles les capacités de financement de la puissance publique, ou encore le retard des équipements routiers par rapport aux besoins. Ce n'est sans doute pas un hasard si, comme la France, l'Espagne, la Grèce, l'Italie, le Portugal et le Japon ont choisi la solution du péage, ou si celle-ci a été retenue, un peu partout dans le monde, pour des ouvrages particulièrement coûteux.

Il semble bien, cependant, que la question du péage urbain dépasse celle du financement des investissements, tout du moins quant à l'objet de ce séminaire.

### 2. ...OU, EGALEMENT, DE MAÎTRISER LA DEMANDE ?

Le stationnement payant sur voirie s'inscrit dans une autre logique qui se distingue de celle des péages traditionnels. Il s'agit bien encore d'une internalisation par une indemnisation exigée de l'utilisateur, mais sans que des externalités positives

soient produites par un investissement public. L'objectif n'est plus alors de couvrir des coûts par des recettes, mais d'orienter la demande. Plus précisément, la voirie devenant une ressource rare, il s'agit de faire en sorte qu'elle ait un prix pour ceux qui la "consomment".

Nous retrouvons là, sous une forme relativement pure, la solution classique au problème d'un bien gratuit quoique rare, dont l'usage excessif produit des effets externes, mais qui peut être sauvegardé dès lors que son usage devient payant.

La tarification du stationnement sur voirie est en somme une forme particulière et relativement douce du péage urbain. Du reste, bien des pays qui n'ont pas une tradition de péage, en particulier de péage autoroutier, ont introduit de longue date des systèmes de stationnement payant sur les voiries du centre ville. Il arrive un moment, en effet, où la crise des transports urbains n'est soluble ni par des investissements massifs de voiries nouvelles, vite dépassés par l'expansion du trafic automobile, ni par des développements significatifs de l'offre de transport public, trop coûteux pour la collectivité.

Tout se passe, alors, comme si les autorités organisatrices du transport urbain avaient à se frayer un passage de plus en plus étroit entre une crise de l'encombrement et une crise de financement. *La solution du péage a l'énorme avantage de soulager, en principe, les deux crises dans le même temps : elle dissuade une part des usagers de la voirie et elle permet de trouver des capacités nouvelles de financement.*

S'il est clair que le stationnement payant sur voirie est une forme de péage urbain aujourd'hui acceptée, est-ce suffisant pour considérer que c'est le dispositif le mieux apte à juguler cette double crise des transports urbains ? Son extension et le durcissement de son contrôle est-il moins impopulaire qu'un authentique péage de zone ou de franchissement ? Pourquoi le passage d'un système à l'autre semble-t-il relever d'une option politique majeure ?

### 3. LES TABLES DE LA LOI SONT-ELLES COMPATIBLES ?

Les cas sont nombreux de projets de péage urbain auxquels les autorités politiques ont finalement renoncé. Ces autorités ne sont jamais que des transformateurs de pulsion sociale et il faut bien admettre que ces renoncements semblent avoir traduit l'état de l'opinion. Le péage envisagé a été généralement perçu comme une taxe supplémentaire imposée à un automobiliste déjà largement sollicité. Cette difficulté relève d'un arbitrage social entre du prix et du temps, mais d'un arbitrage qui ne peut être rendu de manière rationnelle que si les usagers ont conscience des gains de temps que peut entraîner le péage.

Il en résulte un double problème de connaissance pour l'expert et pour l'usager :

- l'expert sait-il de manière assurée quelle modulation du péage (dans l'espace et dans le temps) permettrait de passer d'un régime saturé de trafic à un régime fluide, ce qui revient à interdire à la demande de trafic d'atteindre le point de saturation du diagramme fondamental vitesse-débit ?

- l'usager-électeur peut-il comprendre une telle spéculation et admettre qu'elle puisse se traduire par des déplacements de moindre coût généralisé et par une amélioration de la mobilité ?

Posé ainsi, le problème ne serait que cognitif et pourrait être progressivement résolu par un double effort d'apprentissage. Il est à craindre qu'il soit plus ardu parce-que touchant à des principes symboliques, en particulier celui de la libre circulation. Dans un récent débat du Conseil National des Transports, il a été observé que la constitutionnalité du péage urbain n'était pas assurée, le principe de libre circulation étant inscrit dans une loi faisant partie du "bloc constitutionnel". Le péage autoroutier n'a pas fait problème, car il ne concerne que des ouvrages nouveaux, non plus que le stationnement payant, car il ne concerne pas un "usage ordinaire de la voirie".

*Au delà de sa formulation juridique, la question n'est pas mineure de savoir si, sur le principe de libre circulation, la menace la plus lourde est celle du péage ou celle de la congestion. C'est presque à un choix de système économique que nous sommes conduit, dans la mesure où, face à un phénomène de rareté, les sociétés n'ont inventé, en somme, que deux mécanismes de régulation : celui des économies de rationnement, qui régule par les files d'attente, et celui des économies de marché, qui régule par les prix. Y a-t-il des raisons fortes pour que les transports urbains en restent à la première solution ? Le point de vue redistributif en est peut être une.*

### 4. A QUI PROFITE LA RECETTE ?

Comme toute modification de l'offre de transport, le péage urbain ne pose pas seulement la question de savoir s'il est profitable, mais également celle de savoir à qui il profite.

Fondé sur un principe de coût marginal social, c'est à dire visant à équilibrer la marge les coûts privés et les coûts sociaux, il assure, en principe, une allocation optimale des ressources rares. Je me réfugie dans ce résultat théorique pour ne considérer que l'usage qui est fait des recettes et je fais l'hypothèse qu'une part significative de celles-ci est affectée au financement d'investissements de transport collectif. S'agit-il alors d'un simple transfert entre les usagers de la voiture particulière et ceux des transports en commun ? Pour répondre à cette question, il n'est pas inutile d'examiner quelques résultats issus de simulations sur le cas de Lyon, issues du modèle QUIN-QUIN, qui simule, sous différentes hypothèses, l'état du système de transport à l'horizon 2000.

Nous nous contenterons ici de distinguer des alternatives simples, définies par les hypothèses suivantes :

- Dans tous les cas, nous nous plaçons dans l'hypothèse d'une croissance forte des revenus des ménages : 3% par an jusqu'à l'horizon 2000.

- Pour situation de référence, nous retiendrons une politique du moindre coût, pour les finances publiques, du système de transport collectif. L'offre est maintenue à un niveau minimum, proche du niveau actuel et même inférieur lorsque la

demande le permet. Les tarifs du transport public augmentent chaque année de 2% de plus que l'inflation jusqu'en l'an 2000.

- Dans une hypothèse de *tarifs attractifs* pour les transports publics, nous supposons qu'ils évoluent comme l'inflation jusqu'en 2000. Dans cette hypothèse, l'offre est maintenue au minimum imposé par la demande.

- Dans une hypothèse de *développement de l'offre*, celle-ci est supposée augmenter au rythme des quinze dernières années. Les tarifs augmentent comme dans la situation de référence.

- Dans une hypothèse de *promotion du transport public*, les deux efforts sont combinés de tarifs attractifs et de développement de l'offre.

Pour chacune de ces trois hypothèses, ont été calculés, par rapport à la situation de référence les coûts qu'elles impliquent pour la collectivité en l'an 2000 et les avantages qui en résultent pour les usagers du transport. Ces avantages sont composés des surplus des usagers des transports collectifs et des surplus des usagers de la voiture particulière qui bénéficient de meilleures conditions de circulation. Ces surplus prennent en compte pour chaque usager le prix et le temps de transport, conformément aux règles d'évaluation en vigueur en France. Nous obtenons les résultats reportés sur le tableau suivant.

**Tableau 1 : Coûts et avantages de trois politiques alternatives (en millions de francs)- Lyon, an 2000**

	coût annuel	avantage annuel	av/coût
tarifs attractifs	189	197	1.04
dévelop. de l'offre	114	35	0.31
Promotion du transport public	222	231	1.04

Ces résultats nous montrent que si une politique de développement de l'offre n'est pas très efficace lorsqu'elle s'accompagne d'augmentations de tarifs, elle le devient avec des tarifs maintenus à un niveau modéré. Ce niveau modéré apparaît comme souhaitable dans tous les cas, ce qui est un résultat peu conforme aux idées généralement admises qui consistent à raisonner uniquement en fonction de l'élasticité de la demande aux tarifs, dont on sait qu'elle est inférieure à 1. Cependant, pour mieux raisonner ce problème tarifaire, il n'est pas inutile d'examiner comment se distribuent les avantages entre usagers des transports publics et automobilistes.

**Tableau 2 : Partage du surplus dans les différentes hypothèses - Lyon, an 2000**

	usagers des transports publics	usagers de la voiture
tarifs attractifs	80.4 %	19.6 %
dévelop. de l'offre	23.7 %	76.3 %
promotion du transport public	72.9 %	27.1 %

Nous observons sur ce tableau que *même si les usagers de la voiture sont peu concernés par le transfert modal vers des transports collectifs améliorés, ce transfert (de l'ordre de 1%) a un effet suffisamment significatif sur les encombrements pour faire bénéficier les automobilistes d'une part non négligeable du surplus. C'est même une part nettement majoritaire dans l'hypothèse où la politique porte essentiellement sur le développement de l'offre de transport public avec des investissements nouveaux.*

Or, c'est bien un développement massif de l'offre qui sera vraisemblablement nécessaire dans un contexte de croissance économique, ainsi que cela est aujourd'hui envisagé dans le cas de Lyon. Ce résultat relativement inattendu nous suggère des éléments de réponse à la question de savoir qui doit payer : l'usager de la voiture ne devrait-il pas contribuer au financement des investissements de transport public, dès lors qu'il en est un important bénéficiaire indirect ?

Il n'est évidemment pas question d'induire des règles générales sur ce résultat particulier. Il nous suggère cependant de poser le problème de la tarification des transports urbains au niveau des deux modes de transport et, plus précisément, la question de savoir si le système global des déplacements peut être optimisé sans une tarification d'usage de la voiture particulière.

## REFERENCES

- BLY (Ph.), WEBSTER (F.V.) and POUNDS (S.), *Subsidisation of urban public transport*, TRRL Report, SR 541. Crowthorne, 1980.
- BLY (P.H.), JOHNSTON (R.H.) and WEBSTER (F.V.), *A panacea for road congestion ?*, Traffic Engineering + Control, jan. 1987.
- BONNAFOUS (A.), *Simulation du financement du transport urbain : le modèle QUIN-QUIN*, Transports Urbains n° 54, GETUM, janvier-mars 1985.
- BONNAFOUS (A.), *Les contreparties du subventionnement des transports publics en termes de qualité de vie*, Conférence de Göteborg, Conseil de l'Europe, 12-14 juin 1990.
- BOUF (D., GARGAILLO (L.), *Les modèles QUIN-QUIN*, in Villes déplacements et transports : quelles évolutions. Actes du colloque organisé par l'ENPC, Paris : CETUR, Transport Urbanisme Planification, volume 7, déc. 1985, 205 p., pp. 153-172.
- BOUF (D.), *Un nouvel instrument pour le dialogue stratégique entre la RATP et ses partenaires : le modèle GROS QUIN-QUIN*, Thèse Univ. Lumière-Lyon2, nov. 1989.
- LET, *Financement des transports urbains*, Actes Colloque International, Lyon, sept. 1984.
- MOGRIDGE (M.J.H.), *Jam yesterday, jam today and jam tomorrow ?* Transport Studies Group, University College London, Oct. 1985.
- MOGRIDGE (M.J.H.), HOLDEN (D.J.), *A panacea for road congestion ? A riposte*, Transport Studies Group, University College London, January 1987.

PAPON (F.), *Les routes de première classe : une tarification différenciée de la circulation en agglomération pour en améliorer l'efficacité économique de manière socialement équitable*, Thèse Univ. Paris XII, IUP, INRETS, avril 1991.

RAUX (C.), TABOURIN (E.), *Les investissements en transports collectifs dans l'agglomération lyonnaise : simulation des effets et risques financiers*, rapport commandité par la COURLY, sept. 91, 70 p. + rap. ann.

TABOURIN (E.), *Un modèle de simulation du financement public des transports collectifs urbains à l'horizon 2000 : le modèle QUINQUIN*, revue Transport Environnement Circulation, n° 87, mars-avril 1988, pp. 23-28.

TABOURIN (E.), *Un modèle de financement des transports collectifs à l'horizon 2000. Le modèle QUINQUIN. Application à l'agglomération lyonnaise*, E. TABOURIN, Thèse Université Lumière Lyon 2, sept. 1989.

## LE PEAGE URBAIN ET L'ENTREPRISE PRIVEE

Me Gaston Lafleur

Président-directeur général du Conseil Québécois du Commerce de Détail

Le thème du colloque de ces Quatrièmes Entretiens du Centre Jacques-Cartier est l'occasion de situer le point de vue de l'entreprise privée. Voici certains aspects qui nous apparaissent importants à considérer lorsque l'on traite du sujet de la régulation des déplacements urbains par le péage urbain.

Les commerces et les entreprises ont tendance à s'établir dans des zones urbaines. L'entreprise doit avoir un accès facile à ses sources d'approvisionnement, à ses marchés de consommation et à une main-d'oeuvre qualifiée. L'entreprise a besoin d'un réseau de distribution et de commercialisation de ses produits qui se doit d'être efficace et fiable.

L'étendue, la diversité et l'efficacité de l'infrastructure du réseau de communication et de transport constituent des éléments importants pour favoriser la venue et la conservation d'entreprises dans le milieu urbain.

Il ne fait aucun doute que l'entreprise privée favorise un système de transport en commun efficace dans les régions urbaines. Le transport en commun représente certainement un moyen qui peut contribuer efficacement à la réduction de la congestion que nous pouvons connaître dans les zones urbaines. La solution qui est préconisée à cette table ronde concerne cependant un autre moyen: le péage urbain.

Il est évident que nos industries et nos entreprises commerciales seront préoccupées par l'idée d'instaurer un péage urbain qui aurait un impact important sur les coûts de transport et de distribution des produits et qui affecterait la compétitivité de nos entreprises. Déjà, l'entreprise privée paie sa juste part du fardeau fiscal qui est utilisé, en partie, au financement des services de transport en commun, à la conservation et l'amélioration de l'infrastructure routier et aux dépenses inhérentes d'entretien et de voirie.

Imposer un fardeau additionnel à nos entreprises, tel que le péage urbain qui affecterait leurs activités, leur main-d'oeuvre et leurs consommateurs ou leur clientèle pourrait entraîner un exode, par exemple, vers une municipalité limitrophe à la zone urbaine affectée par le péage urbain.

## LES NOUVELLES CONTRAINTES MONDIALES

Toute solution de péage urbain doit être considérée en fonction des contraintes auxquelles nos entreprises doivent faire face dans les années 90.

Les entreprises se soucient de plus en plus de l'importance de leur productivité. Elles sont conscientes des exigences nécessaires afin d'atteindre et conserver un seuil de compétitivité qui les placera dans une situation favorable, dans le contexte de la globalisation des marchés. Tous reconnaîtront que la productivité d'une entreprise, passe entre autre, par le contrôle des coûts de distribution et de transport,

l'accessibilité à une main-d'oeuvre qualifiée et aux marchés de consommation. Le fardeau fiscal important présentement supporté par nos entreprises, qu'il soit de nature de l'impôt sur le revenu ou des charges sociales directes et indirectes, a un impact direct et immédiat sur la productivité et la rentabilité de nos entreprises. L'instauration d'un outil tel que le péage urbain doit être considéré dans cette perspective.

La mise en application de tout mécanisme de péage urbain devra considérer les conséquences économiques afin d'éviter des iniquités injustifiables.

### LES ESPACES DE STATIONNEMENT HORS RUE : UN EXEMPLE A EVITER

Au Québec, nous avons vécu récemment un exemple très concret de cette situation lorsque le gouvernement du Québec a voulu considérer un nouveau pouvoir de taxation, pour certaines municipalités du Québec en leur permettant d'instaurer une taxe sur l'espace de stationnement hors rue, non-résidentiel.<sup>11</sup>

Le produit de cette taxe sur le stationnement devait servir au financement partiel des organismes de transport public desservant les communautés urbaines tel que Montréal et Québec, pour ne nommer que ces deux.

Le gouvernement n'avait cependant pas évalué correctement la clientèle affectée par une telle taxe, ni les conséquences économiques et sociales qu'une telle taxe aurait sur cette clientèle. Or, cette taxe sur le stationnement non-résidentiel aurait eu un impact négatif sur l'ensemble des entreprises industrielles et commerciales et plus particulièrement chez les petits commerçants opérant dans des centres commerciaux situés dans les zones urbaines visées. Cette taxe aurait eu pour effet d'augmenter en moyenne de 26% les frais d'exploitation pour les commerçants pouvant aller jusqu'à 33% dans certains cas. Quant aux loyers nets, l'augmentation moyenne projetée était de l'ordre de 12,4%, allant jusqu'à plus de 17% dans certains cas. Ces statistiques sont fondées sur une taxe quotidienne de 1.00\$ par espace de stationnement disponible dans des centres commerciaux de la grande région métropolitaine de Montréal. Dans le cas des complexes industriels, la taxe proposée aurait représenté en moyenne une augmentation des frais d'exploitation de l'ordre de 39% et une augmentation de loyer net moyen de 13,6% (voir tableaux en annexe).

De plus, un ensemble de dispositions permettait aux municipalités d'établir des catégories, d'identifier des secteurs à l'intérieur de leur territoire qui pouvaient être exemptés de taxe et même d'établir diverses combinaisons de catégories et de secteurs, en plus de déterminer un taux de taxation qui pouvait varier entre municipalités et à l'intérieur de différents secteurs ou des catégories ou des combinaisons de catégories dans une même municipalité.

Il va sans dire que l'ensemble de cette proposition ne pouvait que créer un capharnaüm et nous entraîner dans des iniquités fondamentales puisqu'une très grande partie des surfaces de stationnement non-résidentiel se situe dans les centres

<sup>11</sup>Les espaces de stationnement dont il est fait mention sont des espaces dans les centres commerciaux, sur les terrains industriels, édifices à bureaux, hôtels, stationnements payants, etc. Il est à noter que le péage du stationnement sur rue par parcomètre est déjà utilisé au Québec.

commerciaux. Ces derniers sont situés en périphérie du centre urbain de Montréal où le service de transport en commun est peu développé. Une telle taxe aurait affecté indûment et injustement les petits commerçants qui en fait sont loin d'être les vrais coupables de la congestion urbaine.

En dernier lieu, l'élément purement régional d'une telle disposition aurait eu des effets négatifs pour les commerçants affectés par la taxe sur le stationnement, alors que leurs concurrents dans les municipalités limitrophes n'auraient pas été affectés par cette taxe, causant ainsi une forme de concurrence déloyale.

Le gouvernement retira éventuellement son projet de taxe sur le stationnement non-résidentiel.

Que peut-on retirer de cette expérience? Voici quelques points de réflexion:

1. Toute réglementation visant à instaurer une forme de régulation du transport urbain, doit être appliquée sur l'ensemble du territoire, de la population et des usagers;
2. Les entreprises ne doivent pas être considérées comme sources de financement uniques;
3. Des études d'impact effectuées de concert avec nos entreprises sont essentielles avant l'instauration de telles régulations;
4. Il faut garder à l'esprit que le développement urbain ne pourra se concrétiser si nous adoptons des outils qui auront un impact négatif sur la productivité, la compétitivité et la rentabilité de nos entreprises et leur potentiel de développement, à l'intérieur du territoire urbain que l'on veut régulariser; Il y a risque d'exode urbain.

Il serait hasardeux de prétendre que les entreprises industrielles et commerciales peuvent aisément refiler aux consommateurs les coûts fiscaux qu'ils ont à absorber. Cette situation pouvait s'avérer vraie dans le contexte d'un marché régional où les règles du jeu étaient identiques pour l'ensemble des intervenants; mais dans le contexte d'une globalisation des marchés, les entreprises doivent maintenant faire face à une compétition beaucoup plus complexe qui comporte des règles très diverses et divergentes et où le produit doit être compétitif souvent au détriment de la rentabilité des entreprises, à moins que ces dernières améliorent leur productivité.

Tout mécanisme de régulation de transports urbains devra considérer cet environnement économique et les défis auxquels est confrontée l'entreprise privée.

### LE PEAGE URBAIN, SOLUTION MIRACLE ET ACCEPTABLE POUR L'ENTREPRISE ?

Plusieurs chercheurs universitaires et économistes se sont penchés sur le thème de ce colloque et ont soumis les résultats de leurs recherches et des expériences vécues un peu partout dans le monde. On a tenté d'établir dans quelle mesure le péage urbain peut être acceptable pour l'utilisateur de l'automobile.

Plusieurs questions demeurent sans réponse dont, entre autre, à quoi doit servir le péage urbain?

a) Doit-il servir à financer la construction de nouvelles infrastructures routières et de nouveaux ouvrages qui permettraient d'alléger le problème de la congestion et amélioreraient le déplacement urbain? ou,

b) Le péage urbain a-t-il pour but de maîtriser, de contrôler et de restreindre dans une plus ou moins large mesure, l'accessibilité et la mobilité des véhicules automobiles aux points de congestion dans les zones urbaines?

Plusieurs thèses s'affrontent, les arguments sont de taille et les solutions multiples. A ce jour, toute la problématique demeure et la solution miracle n'a pas été décourverte.

D'autre part, l'ensemble des démarches et des recherches n'ont pas vraiment considéré les conséquences du péage urbain sur le transport des marchandises, sur l'accessibilité aux sources d'approvisionnement et dans une plus large mesure, les conséquences socio-économiques et l'acceptabilité d'un tel moyen par les entreprises concentrées dans les zones urbaines.

Il y a lieu de connaître et d'identifier le seuil de tolérance et d'acceptabilité des entreprises qui constituent, en très grande majorité, les "résidents" des centres-villes. L'application du péage urbain comme moyen de contrôle pourrait entraîner un impact négatif sur les entreprises et risque d'accélérer un exode non-souhaité des entreprises hors du centre-ville.

## POUR UNE GESTION DE LA CONGESTION

En conclusion, l'entreprise privée est en mesure de constater l'ensemble de la problématique reliée à la congestion du transport urbain.

Les gens d'affaires, commerçants industriels et tous ceux qui oeuvrent dans l'entreprise privée doivent se pencher sur cet épineux problème qui affecte amèrement l'efficacité et la productivité de nos entreprises.

L'entreprise privée pourrait participer à l'élaboration et la mise en oeuvre d'alternatives qui permettraient d'une part d'alléger le fardeau de la congestion et d'autre part, d'améliorer la productivité (i.e. expérience californienne).

Le péage urbain comme moyen de contrôle de la congestion urbaine (par rapport à un moyen de financement d'ouvrages routiers) représente un moyen de régulation qui ne peut répondre universellement à l'ensemble des problèmes de congestion urbaine. Chaque cas est un cas d'espèce. La solution de péage urbain comme moyen de contrôle ou de maîtrise de la congestion doit demeurer une solution de dernier ressort: l'arme ultime.

## ANNEXE

### Impact d'une taxe de 1 \$ par jour par espace sur les frais d'exploitation complexes industriels

Edifice	Municipalité	Superficie locative	Nombre d'espaces de station	Taxe stationnement jour/espace	Frais d'explo. au pl.ca.	Coût add. superficie loc. s/pl.ca.	Augmen. % frais d'explo.
		(1)	(2)	(3) (2) * 365\$	(4)	(5) (3)/(1)	(6) (5)/(4)
Griffith	St-Laurent	52.311	109	\$39.785	\$1.82	\$0.76	41.8%
Berger A.	Laval	37.310	60	\$21.900	\$1.79	\$0.59	32.8%
Meloche	Dorval	31.706	47	\$17.155	\$1.40	\$0.54	38.6%
Phase I	Boucherville	56.851	85	\$31.025	\$1.22	\$0.55	44.7%

#### Bureaux banlieue

Cavendish	St-Laurent	110.057	318	\$116.070	\$4.91	\$1.05	21.5%
-----------	------------	---------	-----	-----------	--------	--------	-------

#### Bureaux centre-ville

Maison Coopérants	Montréal Centre	540.000	240	\$87.600	\$13.00	\$0.16	1.2%
-------------------	-----------------	---------	-----	----------	---------	--------	------

\* Les taxes foncières et la taxe scolaire sont incluses dans les frais d'exploitation (taxe d'affaires excluse)

### Impact d'une taxe de 1\$ par jour par espace sur le loyer net Complexes industriels

Edifice	Municipalité	Superficie locative	Nombre d'espaces de station	Taxe stationnement jour/espace	Loyer net moyen	Coût additionnel superficie loc. s/pl.ca.	%
		(1)	(2)	(3) (2) X 365\$	(4)	(5) (3)/(1)	(6) (5)/(4)
Griffith	St-Laurent	52.311	109	\$39.785	\$5.90	\$0.76	12.9%
Corbusier /berlier	Laval	40.910	112	\$40.880	\$5.00	\$1.00	20.0%
Bergar A	Laval	37.310	60	\$21.900	\$4.54	\$0.59	12.9%
Meloche	Dorval	31.706	47	\$17.155	\$5.10	\$0.54	10.6%
Phase I	Boucherville	56.851	85	\$31.025	\$4.71	\$0.55	11.6%

#### Bureau banlieue

Cavendish	St-Laurent	110.057	318	\$116.070	\$16.25	\$1.05	6.5%
Décarie	Montréal	115.000	343	\$125.195	\$11.00	\$1.09	9.9%
St-Jean	Pointe-Claire	105.000	283	\$103.295	\$13.00	\$0.98	7.6%

#### Bureaux centre-ville

Maison Coopérants	Montréal Centre	540.000	240	\$87.600	\$24.00	\$0.16	0.7%
-------------------	-----------------	---------	-----	----------	---------	--------	------

NOTE: Une taxe sur le stationnement basée sur 1\$ le pied carré donnerait approximativement le même résultat qu'une taxe de 1\$ par jour par espace.

SOURCE : Institut de Développement Urbain du Québec



## ANNEXE (suite)

**Impact d'une taxe de 1\$ par jour par espace sur les frais d'exploitation  
Centre commerciaux banlieue (intérieur d'un OPT)\* \***

Centre	Municipalité	Superficie en pl. ca		Nombre d'espace station.	ITaxe stationnement 1\$/jour/espace	Frais d'expl.** \$/pl.ca	Coût add. superf.		augm % frais d'expl
		locative	participante*	(3)	(4)	(5)	Locat. \$/pl.ca	particip \$/pl.ca	(8)
		(1)	(2)		(3)X365\$		(4)/(1)	(4)/(2)	(7)/(5)
Angrignon	Lasalle	714.573	292.975	4.763	\$1.738.495	\$17.80	\$2.43	\$5.93	33.3%
Fairview	Pointe-Claire	897.316	421.739	5.146	\$1.878.290	\$16.08	\$2.09	\$4.45	27.7%
Rockland	Mont-Royal	682.313	300.218	3.000	\$1.095.000	\$17.85	\$1.60	\$3.65	20.4%
Carr. Laval	Laval	1.163.458	721.344	6.697	\$2.444.405	\$15.90	\$2.10	\$3.39	21.3%
Gal d'Anjou	Anjou	994.424	596.654	5.500	\$2.007.500	\$11.73	\$2.02	\$3.36	28.7%

**Centre commercial centre-ville (intérieur d'un OPT)**

Mont. Trust	Centre-ville	215.000	208.550	307	\$112.055	\$30.48	\$0.52	\$0.54	1.8%
-------------	--------------	---------	---------	-----	-----------	---------	--------	--------	------

**Impact d'une taxe de stationnement de 1\$ par jour par espace sur le loyer net  
centre commerciaux banlieue (intérieur d'un OPT)**

Centre	Municipalité	Superficie en pl. ca		Nombre d'espace station.	ITaxe stationnement 1\$/jour/espace	Frais d'expl.** \$/pl.ca	Coût add. superf.		augm / loyer %
		locative	participante*	(3)	(4)	(5)	Locat. \$/pl.ca	particip \$/pl.ca	(8)
		(1)	(2)		(3)X365\$		(4)/(1)	(4)/(2)	(7)/(5)
Angrignon	Lassalle	714.573	292.975	4.763	\$1.738.495	\$34.33	\$2.43	\$5.93	17.3%
Place Vertu	Saint-Laurent	612.415	304.000	2.963	\$1.081.495	\$27.50	\$1.77	\$3.56	12.9%
Fairview	Pointe-Claire	897.316	421.739	5.146	\$1.878.290	\$38.00	\$2.09	\$4.45	11.7%
Rockland	Mont-Royal	682.313	300.218	3.000	\$1.095.000	\$34.00	\$1.60	\$3.65	10.7%
Carr. Laval	Laval	1.163.458	721.344	6.697	\$2.444.405	\$35.00	\$2.10	\$3.39	9.7%
Gal d'Anjou	Anjou	994.424	596.654	5.500	\$2.007.500	\$26.00	\$2.02	\$3.36	12.9%

**Centre commercial centre-ville (intérieur d'un OPT)**

Mont. Trust	Centre-ville	215.000	208.550	307	\$112.055	\$50.00	\$0.52	\$0.54	1.1%
-------------	--------------	---------	---------	-----	-----------	---------	--------	--------	------

**Centres commerciaux banlieue (extérieur d'un OPT)**

Promenades	St-Bruno	894.703	429.457	6.000	\$0	\$43.72	\$0	\$0	0.0%
Centre	Delson	15.845	6.655	70	\$0	\$13.11	\$0	\$0	0.0%
Centre	Bolsbriand	11.822	8.039	60	\$0	\$11.04	\$0	\$0	0.0%

\* La superficie participante égale à la superficie occupée par les locataires non majeurs

\*\* Les taxes foncières et la taxe scolaire sont incluses dans les frais d'exploitation mais pas la taxe d'affaires

Note : une taxe sur le stationnement basée sur 1\$ le pied carré donnerait approximativement le même résultat.

Source : Institut de Développement Urbain du Québec.

## PEAGES URBAINS, DOUX REVES DURES REALITES

Yves Geffrin, CETUR, France

Il est devenu incontournable de parler de péages urbains dès lors que l'on parle de mobilité urbaine. Effet de mode ou découverte du remède miracle ?

Le titre même de ce colloque "la régulation des déplacements urbains par leurs prix" me paraît extrêmement éloquent : le terme "déplacements urbains" encadré par ces deux mots "régulation" et "prix" est significatif d'un courant de pensée que l'on pourrait qualifier de porteur ou dominant. Il est également, à première vue, porteur d'une contradiction interne : d'un côté l'affirmation qu'il faut réguler, donc d'une certaine manière réglementer et contraindre, de l'autre côté l'affirmation que les déplacements ont un prix, donc qu'il existerait un marché où se rencontreraient des "producteurs de déplacements" et des "acheteurs de déplacements".

La réalité est, me semble-t-il, assez différente. Les déplacements en transports collectifs sont "produits", mais pas achetés à leurs coûts de production ; et la très grande majorité des déplacements, qui sont effectués en voiture particulière, sont en quelque sorte "auto-produits", dans les deux sens du terme ! Ces derniers déplacements ne supportent en coût direct que ce coût d'auto-production même s'ils supportent par ailleurs des coûts indirects, mais fixes et indépendants du déplacement. Passer du marché de l'automobile à celui du marché des déplacements, tel est le doux rêve que poursuivent les économistes transports. Il faut créer "artificiellement" un marché censé être le régulateur "naturel" de l'offre et de la demande.

### 1 • DURES REALITES

Pour les théoriciens protagonistes du péage urbain, la réalité est dure, très dure. D'une part le remède miracle qui serait le péage urbain est refusé par une large majorité <sup>(1)</sup>. D'autre part, les rares cas d'application ne sont pas conformes à ce que préconisent les théories.

Les pratiques actuelles du péage sont résumées dans le tableau ci-dessous. En colonne sont portées cinq questions simples que l'on pourrait qualifier de minimum nécessaire. En ligne, sont mentionnées des réponses élémentaires

(1) Tous les sondages concordent sur ce point ; par exemple, l'enquête UITP du printemps 1991 indique que 65 % des Européens (76 % des Français) pensent que le péage urbain n'est pas un moyen efficace de lutter contre la congestion



possibles. Le nom des villes, en italique, n'est indiqué que pour illustrer cette approche (les cases ne sont pas vides ...)

Questions	Réponses			Nombre de réponses possibles
Objectif poursuivi ?	Financement <i>Bergen</i>	Limitation de la circulation automobile <i>Singapour</i>	Optimisation <i>Cambridge</i>	3
Zone concernée ?	Axe <i>Marseille</i>	Réseau <i>Hong Kong</i>	Zone <i>Bergen</i>	3
Modalités ?	Circulation <i>Hong Kong</i>	Entrée <i>Singapour</i>	Stationnement <i>Paris</i>	3
"Responsabilité" ?	Public <i>Oslo</i>	Privé <i>Marseille</i>		2
Affectation des péages ?	L'ouvrage <i>Japon</i>	Autres routes <i>Bergen</i>	Autres, dont transport public <i>Oslo</i>	3

De cette classification sommaire, nous pouvons tirer une première conclusion forte : il n'y a pas un péage urbain mais des péages urbains. Si toutes les réponses étaient indépendantes (et elles le sont largement) une combinaison simple ( $3 \times 3 \times 3 \times 2 \times 3$ ) conduit à 162 péages urbains. Et encore nous ne sommes pas sûrs d'avoir posé toutes les questions légitimes, ni d'avoir apporté toutes les réponses possibles... Nous savons même qu'au contraire les réponses sont beaucoup plus nombreuses puisqu'il y a des combinaisons de "réponses simples" qui créent autant de nouvelles catégories (par exemple paiement en entrée + paiement du stationnement à Singapour ou affectation des ressources à d'autres routes + transports publics à Oslo). Ou encore, des combinaisons de financement et de partage de responsabilité entre le public et le privé...

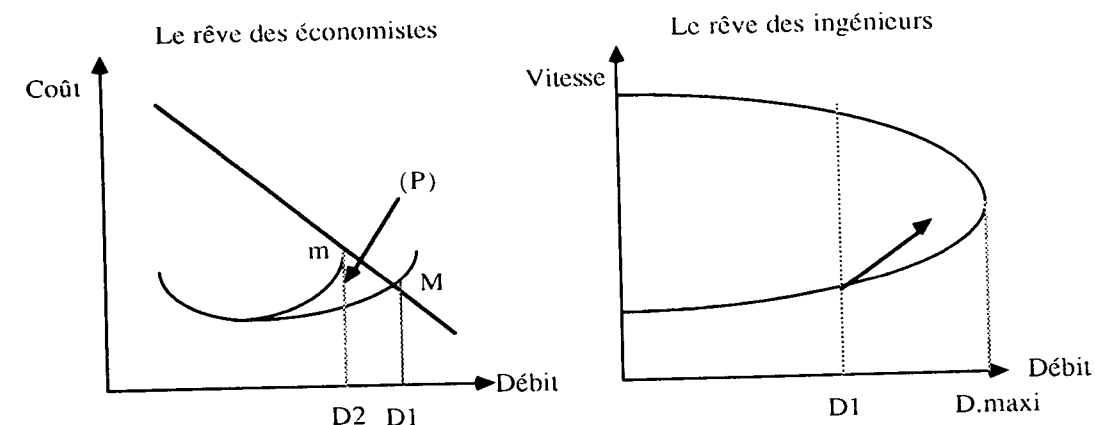
Donc en résumé questions simples, réponses simples mais des combinaisons de réponses complexes. Trois cas pour illustrer ces pratiques :

	Oslo	Singapour	Marseille
Objectif	Financement	Régulation	Financement
Zone	Zone	Zone	Axe
Modalité	Entrée	Entrée	Entrée
Responsabilité	Public	Public	Privé
Affectation du péage	Autres routes et Transport public	Autres choses (Budget général)	L'ouvrage

## 2 • DOUX REVES

Le grand avantage de l'utilisation d'un terme unique "péage urbain" pour désigner une réalité aussi diverse est de permettre d'entretenir l'illusion qu'il existe un accord général entre tous les spécialistes. En fait, il s'agit d'un consensus mou sur un concept flou : on est d'accord, mais on ne sait pas sur quoi...<sup>(1)</sup> A l'inverse ce même flou contribue sans doute également à l'opposition exprimée par l'opinion publique qui peut difficilement mesurer les éventuels avantages liés à l'instauration d'un péage.<sup>(2)</sup>

Schématiquement, on peut dire que le péage urbain est le terme magique qui concrétise deux rêves de nature totalement différente, celui des économistes et celui des ingénieurs du trafic. Ces rêves sont résumés dans les deux schémas ci-dessous



(1) Ceci n'est pas un procès d'intention. A titre d'illustration, voici un exemple de la confusion décrite ci-dessous : pour l' "International Road Federation", la définition du "Road pricing" est la suivante : Le Road Pricing est le droit d'usage perçu pour l'utilisation d'une infrastructure routière. l'objectif est de disposer d'un outil pour financer l'autoroute tout en régulant la circulation des voitures particulières, notamment en zone urbaine.

(2) La "même" opinion publique qui reproche, par exemple, aux Parisiens de faire financer leur métro par la Province, n'a semble-t-il pas la même sensibilité quant il s'agit de route...

Pour les économistes, le problème est de passer d'un équilibre "naturel"  $M$ , s'établissant au coût moyen à un équilibre économiquement optimal, s'établissant au coût marginal. Pour cela il faut et il suffit d'introduire un péage "p" qui changera le coût ressenti par l'utilisateur. Ceci est bien connu.

Pour les ingénieurs du trafic, le problème est d'optimiser les vitesses d'écoulement pour un débit donné ou de maximiser les débits.

On voit donc que partant d'un même postulat de base, "il faut lutter contre la congestion urbaine", on arrive à deux esquisses de solutions diamétralement opposées :

- d'un côté, les économistes veulent diminuer les débits en augmentant les coûts ressentis, mais en restant au-delà du point C (point de congestion ?) ;

- de l'autre côté, les ingénieurs du trafic veulent augmenter les débits en diminuant les coûts (temps) ressentis.

En supposant que ces deux schémas mentaux soient bien ceux qui implicitement soutiennent les discours des deux écoles, on voit bien toute l'ambiguïté <sup>(1)</sup> contenue dans cette expression titre du colloque "régulation" (qui renvoie plutôt à l'ingénierie du trafic) "par les prix" (qui renvoie plutôt à la science économique).

### 3 • QUELQUES QUESTIONS

Il n'est pas inutile vu la distance qui semble séparer ces deux approches de se réinterroger sur certaines notions de base afin de tenter de clarifier la signification de l'expression "régulation par leurs prix"

#### 3 • 1 Régulation ?

La régulation du trafic dans son acceptation la plus générale semble pouvoir se définir comme l'ensemble des méthodes visant à optimiser l'utilisation d'un réseau. Dès que l'on veut aller plus loin pour préciser cette notion, se posent des questions simples, mais sans réponses : le critère d'optimisation est-il le débit, la vitesse, un couple débit/vitesse ? En l'absence de réponses claires, on ne peut constater que les pratiques actuelles des ingénieurs trafic semblent constituer en une limitation d'accès à une zone donnée pour assurer à l'intérieur de cette zone une certaine fluidité... Ou, à l'inverse d'identifier un certain nombre d'"axes rouges" permettant de traverser la zone dans le minimum de temps.

#### 3 • 2 Sait-on réguler ?

Question provocante, peut-être, mais les recherches et études en matière de régulation paraissent s'orienter vers la gestion en temps réel. Ce qui veut dire a contrario que l'on ne sait pas prévoir a priori les conditions de trafic dans une

<sup>(1)</sup> cf note 1 page précédente

zone donnée en fonction du nombre de véhicules présents dans cette zone. On sait déterminer la capacité d'un tronçon et on sait que la saturation de ce tronçon conduit à une instabilité du régime de circulation plus ou moins prévisible. On ne semble pas capable d'étendre le raisonnement à un réseau, tout au moins pour le point qui nous intéresse le plus ici : nombre de véhicules/conditions de circulation. Le propre de la circulation urbaine semble être l'instabilité, <sup>(1)</sup> d'où tout le développement actuel de l'information dynamique en temps réel. Une conséquence de ceci est qu'il est sans doute à l'avenir plus crédible de vendre "le meilleur temps" (information dynamique) qu'un temps garantie (péage-niveau de service).

#### 3 • 3 Le prix des déplacements ?

Pour qu'il y ait prix, il faut qu'il y ait rencontre d'un offreur vendeur et d'un demandeur acheteur sur un "marché". Une des caractéristiques du "déplacement" est d'être un "bien situé", à l'instar du logement. Dans ce cas, le prix se forme non pas uniquement en fonction des "coûts de production" mais également (voire principalement) en fonction de la localisation. On ne peut pas choisir entre un déplacement en région parisienne et un déplacement en Auvergne, comme on choisit entre une voiture américaine et une voiture japonaise...

Le problème du prix des déplacements (et de leur tarification) n'est donc pas sans analogie à celui de la rente foncière et de son appropriation étudiée dans le secteur du logement. Une telle analogie reste à approfondir mais la "délocalisation" des déplacements <sup>(1)</sup> qui est déjà à l'oeuvre n'est pas sans rappeler la délocalisation de l'habitat (et ne s'explique peut-être pas uniquement par celle-ci). Si le péage était en quelque sorte la matérialisation de la rente foncière, il y aurait alors accélération de processus ségrégatifs contre lesquels on cherche à lutter par ailleurs...

Par ailleurs, le "rendement" d'un réseau d'infrastructure pourrait être défini comme étant le nombre de véhicules x kilomètres par unité de temps. Dans ce cas celui-ci serait d'abord croissant jusqu'à la saturation, puis soumis à des variations erratiques et imprévisibles... Problème ardu pour les économistes.

#### 3 • 4 Le coût des déplacements ?

La notion de prix semblant peu opérante, on est tenté de lui substituer celle du coût. Deux niveaux apparaissent clairement alors, celui de l'individu et celui de la société.

<sup>(1)</sup> Instabilité d'autant plus grande, que la capacité même du réseau varie de manière imprévisible en fonction des incidents (stationnement illicite, livraison...)

<sup>(1)</sup> Ou en terme habituel la forte augmentation des trajets "banlieue-banlieue"

Pour l'individu, le déplacement est un temps intermédiaire entre deux activités. Il a certes un coût (temps, essence, ...) mais il procure des avantages (recettes) supérieures à ce coût... sinon il n'y aurait pas de déplacement. Ce bénéfice est tellement réel que 80 % des Européens estiment que l'augmentation des prix des carburants serait sans effet sur la congestion dans les villes (cf enquête UITP déjà citée). Bien sûr, le bénéfice de chaque individu serait supérieur s'il n'y avait pas les autres pour lui faire perdre son précieux temps dans les embouteillages...

Pour la société, les déplacements sont la condition de (re) production socio économique correspondant à un état du développement s'inscrivant dans un cadre spatial hérité du passé. Ils génèrent des externalités, positives et négatives, dont le bilan dépend largement du niveau où celui-ci est effectué (spatialement et temporellement, du bruit "nuisible" aux riverains à l'effet de serre "nuisible" pour la planète ...).

La fixation d'un coût social d'un déplacement ne va pas de soi, puisqu'il dépend largement de la "société" prise en compte.

### 3 • 5 Optimum du système déplacement ?

L'optimisation opérée par chaque individu pour lui-même ne fait guère de doute, même si elle n'est guère modélisable et peut parfois sembler quelque peu irrationnelle.

L'optimum collectif ne résultant pas automatiquement de la somme de ces optimisations individuelles, le problème est évidemment plus complexe au niveau de la société :

a - Doit-on "supprimer" certains déplacements pour faciliter les autres ?

Dans ce cas, on admet "explicitement" une ville à "deux vitesses" : l'immobilité des uns étant la condition d'une meilleure mobilité des autres

b - Doit-on "transférer" certains déplacements vers d'autres modes moins consommateurs d'"espace-temps" ?

Les partisans du transfert modal sont nombreux, il semble que ce transfert soit mieux justifié en fonction de considérations écologiques que de considérations économiques. Pour que ce transfert soit possible, il faut de plus qu'il existe une offre alternative qu'il faudra financer ...

c - Doit-on permettre (inciter à) d'autres déplacements ?

Cette question est à l'inverse de celles habituellement posées, mais si on admet que l'on se déplace pour créer (au sens large) des richesses, tout déplacement non effectué est une perte...

### 4 • QUELQUES REPONSES

- Le péage urbain n'est pas un "concept" mais une multitude de pratiques.

- Une de ces pratiques consiste à prélever pour financer ; elle est plus proche de la recherche de la "justice fiscale" que de la régulation du trafic. Cette pratique n'implique nullement l'obligation du recours à un opérateur privé.

- Tout péage sur une infrastructure nouvelle, plus performante que les anciennes, paraît difficile à justifier à un niveau économique global.

- L'instabilité des régimes circulatoires en régime saturé interdit une tarification au "coût marginal", à un prix connu à l'avance et pouvant avoir un effet dissuasif rationnel sur les pratiques de déplacement. La tarification "au coût marginal" est plus proche de la loterie que du prix du marché en situation de concurrence pluri-parfaite. Dans ce cas, les prix sont connus et les acheteurs se déterminent en fonction de cette connaissance.

- Le péage urbain (tarification zonale) peut être un moyen d'assurer un transfert de ressource permettant plus de déplacements à condition de disposer (de créer) des réserves de capacité dans les transports collectifs... mais il n'est pas évident que le nouvel état conduise à un optimum supérieur.

## Synthèse de la table ronde

Jean Michel Cusset, chargé de recherche au CNRS, LET

Plusieurs thèmes ont été abordé au cours du débat qui a suivi. De la discussion, on n'est pas réellement parvenu à un consensus sur l'utilité ou le caractère inéluctable du péage urbain, ni sur les objectifs à assigner au péage. Au péage, comme régulation de la circulation peuvent être opposées des solutions alternatives.

### LE PEAGE URBAIN EST-IL UNE ATTEINTE A LIBERTE DE CIRCULER ?

L'instauration d'un péage comme droit d'entrée dans une ville est-elle une atteinte au droit de circuler, indépendamment des objectifs recherchés ? La réponse n'est pas claire et immédiate et les avis sont partagés. Pour les uns, c'est revenir à l'octroi tel qu'il existait avant la Révolution Française, donc un recul. Pour d'autres la liberté de circuler comme individu n'est pas identique à la liberté de circuler en voiture n'importe où, n'importe quand ; en Amérique du Nord on s'interroge sur la nécessité ou non d'interdire aux personnes âgées l'usage de la voiture pour des raisons de sécurité. Le péage ne serait pas incompatible avec la liberté de choix pour l'automobiliste d'autant que des alternatives réalistes se présentent pour ceux qui renonceront à utiliser leur voiture pour se déplacer dans le centre-ville.

Néanmoins a été soulignée une certaine incohérence du discours consistant à encourager la mobilité, les déplacements et la consommation d'espace depuis des décennies, ce qui a abouti à un étalement urbain, et à maintenant vouloir contrer ces tendances avec le péage urbain.

### QUE DOIT FINANCER LE PEAGE URBAIN ?

Un participant a souligné le manque de clarté des objectifs assignés au péage urbain et dans tous les cas les effets pervers à en attendre. Il est vrai qu'il existe actuellement plusieurs types de péage urbain dans le monde qui répondent à autant d'objectifs.

On a peu évoqué le péage comme moyen de financer de nouvelles infrastructures urbaines de voirie (tunnel, périphérique, etc.) sans doute parce que sur ce point il y avait sans doute un consensus ; dans ce cas de figure les usagers de la voiture ont une alternative - utiliser la voirie classique "gratuite" - et il ne s'agit pas à proprement parler d'une taxe à l'entrée dans la ville mais bien plutôt d'une taxe à payer pour éviter la congestion.

En revanche tout le monde n'est pas d'accord pour affecter le produit du péage, quelle que soit sa forme (droit d'entrée, taxe de stationnement, etc.) au financement des transports en commun. Un participant estime que les transports en commun, à la différence de la voiture, ne paient qu'une partie du coût social imposé à la collectivité et pas du tout le coût de la congestion qu'ils provoqueraient ; il serait donc en-

core plus injuste d'utiliser le péage sur les automobilistes au profit des usagers des transports en commun déjà fortement subventionnés comme c'est le cas dans la région parisienne. A cela il a été répondu que le coût social marginal des transports en commun est faible. Si l'on veut faire payer le coût total à l'utilisateur des transports en commun on se rapprochera de l'optimum mais en multipliant par trois les tarifs. Quelles seront les conséquences sur le choix modal et la congestion ?

### **LE PEAGE, UN INSTRUMENT EFFICACE DE REGULATION DU TRAFIC URBAIN ?**

Sur ce point, il n'y a pas d'unanimité. Comme il a été rappelé, selon la thèse de Mogridge, l'instauration d'un péage permettrait dans un premier temps seulement, de réduire le trafic urbain et d'augmenter ainsi la vitesse de circulation ; mais ce succès éphémère conduirait au retour à la situation d'équilibre initial puisqu'une amélioration des conditions de circulation encourage l'usage de la voiture et aboutit donc de nouveau à une situation de congestion. Le péage permettrait donc une régulation par les prix mais non pas une réduction du niveau de trafic. Le péage comme instrument de lutte contre la congestion ne fait donc pas l'unanimité. La congestion serait-elle même un mal nécessaire ? Ne conviendrait-il pas alors d'orienter les recherches sur les seuils de tolérance à la congestion pour les usagers de la voiture et pour les activités économiques situées dans les centres des villes. Plusieurs participants ont insisté sur le fait que le péage urbain ne pouvait être l'instrument unique de régulation des transports urbains et que, en toute hypothèse, il fallait anticiper les réactions à son introduction afin d'en limiter les effets pervers.

### **LE PEAGE URBAIN AU SERVICE DE LA GESTION DE L'ENVIRONNEMENT URBAIN ?**

Sur ce point également aucun consensus ne s'est dégagé. Selon certains, la pollution due à l'automobile serait un mauvais argument en faveur du péage urbain puisque les problèmes de pollution sont très variables d'une agglomération à l'autre et que l'on peut jouer sur les types de véhicules autorisés ; en Amérique du Nord, malgré la gravité de la pollution atmosphérique dans les villes, on n'a pas assisté à un changement de comportement et les transports en commun ont continué à perdre du terrain par rapport à la voiture. Selon d'autres, l'opinion deviendrait progressivement mûre pour accepter des mesures draconiennes afin de lutter contre la pollution, auquel cas le péage urbain trouverait une nouvelle justification.

### **NE PEUT-ON ENVISAGER D'AUTRES MESURES ?**

A la régulation par la file d'attente ou par les prix, on peut préférer d'autres alternatives comme celles expérimentées en France ou à l'étranger et fondées essentiellement sur la réglementation.

On a évoqué l'exemple de Strasbourg avec l'interdiction de la circulation dans le centre-ville mais avec les problèmes ainsi posés aux riverains et aux commerçants ; de même les exemples de villes italiennes. Cependant aucun bilan n'a été tiré ces ex-

périences, sans doute parce qu'il est encore trop tôt pour avoir des enseignements significatifs.

Des mesures moins draconiennes comme l'étalement des déplacements dans le temps ont été plus longuement débattues. Au Canada, les déplacements des horaires de travail introduits dans certaines villes ne semblent pas avoir eu l'effet escompté sur l'étalement des pointes ; à Grenoble les décalages d'horaires de rentrée et de sortie pour les lycées n'ont pas entraîné des bouleversements importants en raison de l'élasticité-temps limitée des ménages. Il ressort de la discussion que des recherches complémentaires doivent être faites sur les avantages et les inconvénients de cette forme de régulation horaire des déplacements.

En conclusion il semble qu'il n'y ait pas de solution miracle. Dans le contexte actuel, les transports en commun sont de plus en plus chers mais ils sont un instrument essentiel pour la survie de la ville. Les comportements peuvent-ils changer avec le péage ou la tarification du stationnement ? Il faut un ensemble de mesures pour dissuader les automobilistes ; une politique sera dissuasive si des alternatives valables sont offertes. Le péage est à utiliser avec prudence, et dans le cadre d'une vision intégrée des déplacements urbains.

## **Conclusion, en guise de bilan...**

**Charles Raux, CNRS - LET**

Ce colloque avait pour but de confronter les points de vue de chercheurs et de représentants des réseaux de transports ou d'autorités organisatrices sur les potentialités du péage urbain comme outil d'une politique globale de transports et notamment de régulation des déplacements. Le moins que l'on puisse dire est que les débats ont été riches et contradictoires, parfois vifs, ce qui montre que l'intérêt de cette question n'est pas seulement d'ordre académique. Plutôt que de rechercher un consensus vain ou une synthèse globale impossible, étant donnée la diversité des points de vue exprimés, je voudrais à travers les quelques remarques suivantes énoncer quelques constats et sérier des questions qui à mon avis font débat.

### **Congestion, financement... et l'environnement ?**

Le constat en lui-même est général. Comme cela a été montré aussi bien dans les cas de Montréal, de Lyon mais aussi de Los Angeles, on assiste à une croissance continue des déplacements dans les agglomérations urbaines et plus globalement dans les régions urbaines ou conurbations comme en Amérique du Nord. Cette croissance est portée par un petit nombre de facteurs en synergie les uns avec les autres : l'étalement urbain, permis par le développement conjoint de l'automobile et de l'offre en voirie routière ou en transports ferroviaires ; l'évolution socio-économique et démographique qui, par l'accès à l'âge adulte des générations nées avec l'automobile, par le développement de valeurs hédonistes individuelles associées à la vitesse, favorisent une motorisation individuelle, permise par la croissance passée des revenus.

L'étalement urbain et la dédensification des localisations d'activités qui l'accompagne, rendent obsolètes dans ces espaces étalés et éclatés les technologies classiques de transports en commun qui exigent une certaine massification des flux pour opérer efficacement. C'est ainsi que se renforcent inéluctablement la motorisation des ménages et l'usage de la voiture pour les déplacements urbains quotidiens.

Les phénomènes de congestion du système de transports qui en découlent ne sont-ils que des manifestations épidermiques d'une inadéquation entre "contenant" - le réseau viaire - et "contenu" - les flux d'automobiles -, inadéquation qui sera d'une manière ou d'une autre surmontée par l'offre de nouvelles capacités d'écoulement ? Il est vrai que les manifestations de la congestion ne datent pas d'aujourd'hui (en témoignent les "embarras de Paris" au début du siècle) et que cette congestion a pu être vécue dans le passé sur le mode positif comme signe d'un certain dynamisme de la ville. Cependant les prévisions de développement de cette congestion apparaissent aujourd'hui particulièrement pessimistes, que l'on considère par exemple les cas de la région parisienne ou de celle de Los Angeles.

Je ne reviendrai pas en détail sur l'une des raisons de cette soudaine acuité du débat sur les transports urbains. Cela a été rappelé lors du colloque, les ressources financières se font de plus en plus rares comme le traduisent les désengagements des gouvernements centraux (État, province, gouvernement fédéral...) dans le financement des transports des communautés urbaines (Bertrand). Et cette crise du financement ne concerne pas seulement les transports publics, comme le laisserait croire la mise facile sous les projecteurs de leur déficit structurel ; les collectivités locales sont également à la recherche de nouveaux fonds pour augmenter les capacités de la voirie, comme en témoignent aussi bien le recours au financement privé d'infrastructures urbaines en France que les débats sur l'incapacité de suivre l'accroissement de la demande en voirie routière à Los Angeles.

La deuxième raison à cette relance du débat tient à la reconnaissance récente des atteintes causées à l'environnement : certes, ces préoccupations environnementales ne sont pas vraiment nouvelles, certaines crises locales de pollution sont connues, qu'il s'agisse de la crise maintenant quasi-permanente d'Athènes ou de Los Angeles, ou des alertes ponctuelles comme à Milan ou à Lyon ; ces crises peuvent être attribuées à la configuration géoclimatique particulière de chacune de ces agglomérations et aux spécificités de leur développement urbanistique et industriel, et seraient solubles par des politiques urbaines localement adaptées, comme cela a été évoqué lors du colloque.

Par contre le débat qui se fait jour récemment et de manière plus globale est celui de l'atteinte que porteraient les activités humaines à la biosphère. Par ses activités consommatrices d'énergie fossile dans le chauffage, l'industrie ou les transports, la déforestation ou le bouleversement des pratiques agricoles par l'utilisation d'engrais, l'humanité produit des gaz à effet de serre : ces gaz contribueraient à un réchauffement de l'atmosphère terrestre avec de très graves conséquences à moyen ou long terme. Le débat scientifique est largement ouvert<sup>1</sup> quant au caractère durable de ce réchauffement récent, quant à la responsabilité même des activités humaines dans cet éventuel réchauffement, étant donné la complexité de l'éco-système "Terre" : les théories et modèles des scientifiques sont encore largement incomplets sans même parler de la mesurabilité effective des phénomènes climatiques. Cependant, comme le soulignent certains, les phénomènes à l'oeuvre vont agir sur plusieurs dizaines d'années et l'enjeu pour l'humanité est trop important pour que l'on se permette de faire l'impasse sous prétexte d'une connaissance insuffisante de notre interaction éventuelle avec la biosphère.

Les transports automobiles sont concernés au premier chef par cette éventuelle réduction de la consommation d'énergies fossiles : il ne s'agirait plus seulement d'un problème de financement/congestion, mais de modification des technologies de transport et probablement plus fondamentalement des modes de vie urbains. Il faudrait en effet stimuler le passage progressif vers un système de déplacements moins énergivore du point de vue de leur rendement. Ce peut être : en améliorant le rendement des véhicules ; en favorisant les transports collectifs (massification des

<sup>1</sup> cf in *La Recherche*, n°243, vol. 23, Mai 1992 : THUILLIER (P), "L'humanité saisie par l'effet de serre" ; SADOURNY (R), "L'homme modifie-t-il le climat ?" ; GRUBB (M), "Politiques de l'énergie et effet de serre".

flux) ; en réduisant les distances parcourues, donc en luttant contre l'éclatement des activités et l'intensification des déplacements (en véhicule-kilomètres parcourus).

Si je me suis étendu sur ce problème, c'est qu'il est apparu à travers les discussions de ce colloque, que les changements de comportement des citadins et donc les modifications d'attitude qu'ils impliquent, proviendraient peut-être plus facilement d'une sensibilisation à l'environnement que d'une sensibilisation à la congestion ou à la crise du financement. Concrètement il est difficile d'expliquer à un automobiliste qu'il doit abandonner sa voiture pour les transports en commun ou reporter son déplacement à un autre moment, pour permettre aux autres automobilistes de se déplacer plus facilement. Cela est plus acceptable pour lui s'il s'agit d'utiliser un mode moins énergivore ou moins polluant pour aider par exemple à préserver l'air que lui-même et ses proches respirent.

### Une course de vitesse pour éviter le pire ?

Face à ces tendances lourdes et à long terme que sont la motorisation, l'étalement urbain et les atteintes à l'environnement, une course de vitesse semble engagée pour éviter à la fois la tétanisation des agglomérations et des dégradations insupportables de leur environnement.

Diverses solutions techniques ou financières sont envisagées pour répondre au problème de la congestion au moindre coût pour la collectivité. L'une consiste à augmenter le rendement du "contenant", par l'introduction de technologies électroniques pour réguler et fluidifier la circulation automobile. L'autre consiste à pallier la réduction des capacités d'investissement des collectivités locales en faisant appel à des fonds privés et en rémunérant ces fonds par un péage perçu sur la nouvelle infrastructure créée.

Comme cela a été souligné lors du colloque, toute amélioration de la fluidité sur le réseau de voirie affecté à la voiture particulière n'est que passagère dans la mesure où elle attire de nouveaux automobilistes. Ainsi les solutions de type "régulation électronique du trafic" ou "voies rapides à péage", mises en oeuvre isolément, ne feraient que reporter temporairement le problème.

En ce qui concerne l'environnement, des solutions sont envisagées pour réduire les émissions de gaz polluants liés à la circulation urbaine : il s'agit, outre la réduction de ces émissions qui résulterait d'une meilleure fluidité de la circulation, de l'utilisation de nouvelles technologies dont la "voiture électrique". Cette énergie électrique ne pourrait être que d'origine nucléaire, et non fossile bien sûr. Or, sans même insister sur le faible rendement de la chaîne globale de production énergétique, si le nucléaire apparaît propre du point de vue de la pollution atmosphérique, la question même du retraitement et du stockage des déchets issus de cette filière n'est toujours pas résolue. La voiture électrique ne peut donc être envisagée comme la panacée aux émissions atmosphériques nocives, elle peut toutefois constituer une solution d'appoint pour pallier certaines crises locales de pollution, par exemple pour les flottes de véhicules urbains d'administrations ou d'entreprises.

Il semble qu'il faille conclure à l'impossibilité de résoudre rapidement le problème de l'émission de gaz polluants d'origine automobile par des solutions



techniques. Tout au plus peut-on envisager de limiter la croissance de ces émissions par le jeu combiné d'améliorations technologiques : outre les voitures électriques, la généralisation des pots catalytiques, l'amélioration des rendements des moteurs à explosion particulièrement à froid, la limitation des puissances des véhicules, le respect des réglementations de limitations de vitesse, le moteur à deux temps, les carburants de substitution comme le gaz ou le diester, etc<sup>2</sup>... Bien entendu, ces améliorations concernent uniquement l'environnement et laissent quasi-intact le problème de la congestion.

### Le péage urbain peut-il être un instrument efficace ?

Si un consensus s'est établi lors du colloque, c'est que le péage urbain n'est certainement pas la solution miracle. Ce qui apparaît maintenant comme une évidence paraît tout de même bon à rappeler : il existe en fait autant de péages urbains que de manières de le mettre en oeuvre, dans le cadre d'objectifs spécifiques. Dans un cas il s'agira de lever de nouveaux fonds pour l'investissement (Norvège), dans d'autres il s'agira de faire payer l'usage d'une infrastructure nouvelle (autoroutes ou tunnels urbains en France), dans d'autres de réduire la circulation automobile dans le centre d'affaires (péage de zone à Singapour).

Cette diversité des situations a amené les participants au colloque à souligner le problème de la clarté des objectifs et de la cohérence des interventions des acteurs urbains. Le problème premier serait celui de la coordination de ces interventions : gestion de la voirie et du stationnement, tarification des différents modes, investissements en voirie urbaine ou dans les transports en commun, maîtrise du développement urbain, de la localisation des activités, etc... Selon certains, une bonne coordination des interventions et une gestion avisée d'"équivalent-péages" (Bouvier), par la tarification du stationnement ou la restriction de la voirie offerte aux voitures particulières, pourraient suffire à maîtriser le système des transports et à éviter un péage urbain peu populaire. Mais compte-tenu des tendances lourdes à l'oeuvre, n'est-il pas déjà un peu tard ?

Le péage urbain comme instrument en soi de réduction du trafic routier offre également matière à débat : la fluidité apportée temporairement suite à l'instauration d'un péage provoquerait l'appel de nouveaux usagers attirés par ce réseau routier fluide, d'où un retour progressif à la congestion. C'est ce que montrent les économistes (Bouf & Crozet, voir aussi la position de Mogridge évoquée lors des discussions) et cela rejoint la position de certains acteurs du commerce ou de l'entreprise, selon laquelle la congestion est un mode de régulation acceptable en soi et préférable au péage (Lafleur). En contrepoint à ces positions peut être évoqué l'exemple de Singapour<sup>3</sup>, seule réalisation d'un péage ayant pour objectif la réduction du trafic des voitures particulières : on a constaté effectivement au moment de la mise en place de l'Area Licensing Scheme en 1975 de fortes réductions de ce trafic aux heures d'accès à péage (le matin), soit par report sur d'autres modes, dont le "car-pool", soit également par report à d'autres heures ; la pointe du soir, non

<sup>2</sup> cf DELSEY (J), DOBIAS (G), "Les transports routiers et l'effet de serre. Bilan et propositions", in *Recherche-Transports-Sécurité*, n° 32, Décembre 1991 ; CHOUGHAN D., "Les industriels verts à l'assaut de la planète bleue", in *La Recherche*, n°243, vol. 23, Mai 1992.

<sup>3</sup> in *Les villes et leurs transports*, OCDE, Paris, 1988.

soumise à péage, n'a diminué que légèrement. Mais l'ALS était également accompagnée de mesures cohérentes concernant le stationnement dans le centre d'affaires, les avantages accordés aux transports en commun ainsi que les taxes très élevées attachées à l'achat et à la possession d'un véhicule. Cet exemple montre qu'un ensemble de mesures cohérentes permet de modérer la croissance des déplacements en voiture particulière et de faire des économies en retardant les investissements routiers qui sinon auraient été nécessaires.

Si le péage urbain n'est pas la solution miracle attendue, peut-il être utile à autre chose qu'à alimenter les réflexions académiques ? Il apparaît qu'il faille ne conférer au péage urbain rien de plus que son statut d'*instrument de tarification des transports urbains*, dans le double but de rétablir une certaine *transparence dans le système des transports* et d'*internaliser un certain nombre de coûts sociaux* imposés à la collectivité. A ce titre le péage urbain apparaît comme un élément incontournable du débat sur le mode de financement du service public "transports urbains" : cela inclut aussi bien les transports publics collectifs que l'offre de voirie routière pour les voitures particulières.

Le rétablissement d'une certaine transparence dans le système des transports aboutirait à réduire les distorsions dans le fonctionnement de ce système, distorsions qui ont pour conséquence des allocations non optimales des ressources : par exemple le péage urbain peut servir à envoyer à l'usager de la voiture particulière un signal de prix plus en rapport avec le coût d'usage élevé pour la collectivité que représente la voirie en milieu urbain dense. Le péage comme instrument de tarification dépasse alors le simple point de vue de la tarification routière mais s'adresse au problème plus général de la tarification globale des déplacements en milieu urbain que ce soit en voiture particulière ou en transports collectifs.

L'internalisation des coûts sociaux des transports répondrait à la nécessité de faire supporter aux usagers ou aux bénéficiaires des transports les coûts des ressources environnementales qu'ils consomment : énergies fossiles non renouvelables, pollution atmosphérique, bruit, etc... selon le principe désormais classique du "pollueur-payeur" (Alexandre). L'opinion publique actuelle et les expériences de redevances environnementales comme pour l'eau, démontrent le potentiel de ces outils de récupération des externalités (Gendron).

De ce point de vue le péage urbain n'est rien de plus qu'un instrument de tarification des transports, parmi d'autres instruments de la "boîte à outils" de la politique urbaine, instruments qui doivent être mis en oeuvre dans le cadre d'une stratégie globale et cohérente. Et c'est la mise en oeuvre conjointe de ces instruments, incluant entre autres l'ingénierie du trafic, les améliorations technologiques des moteurs, de nouveaux modes de financement et de tarification des transports urbains, la politique de la voirie et du stationnement et, plus à long terme, du développement urbain, qui permettra de répondre à ce triple défi de la congestion, du financement des transports et de la qualité de l'environnement.

Mais tout le problème réside justement dans la mise en oeuvre de ces instruments et le pilotage de l'ensemble. Et c'est là que sont posées un certain nombre de questions à la recherche.

### Des questions pour la recherche

Le pilotage du système des transports vers une situation d'usage plus rationnel des ressources financières et environnementales, incluant éventuellement le passage d'une situation de gratuité apparente de la voirie à une situation de péage urbain routier, est un défi posé aux responsables de l'urbain... et aux chercheurs.

C'est désormais une banalité de mettre en exergue la complexité du sous-système des transports et plus généralement du système urbain. Le grand nombre de paramètres sur lesquels les autorités urbaines peuvent agir et la complexité des interactions entre ces paramètres incitent à une nécessaire prudence. Il s'agit en effet de mettre en cohérence des mesures aussi diverses que la gestion du stationnement public et celle des stationnements privés, de concilier le développement de pôles urbains ou suburbains d'activités avec la nécessité de réduire l'intensité des déplacements, etc... De la même manière que la sous-tarification apparente des transports urbains, voirie gratuite et transports publics subventionnés, a favorisé l'étalement et l'éclatement des activités, l'introduction d'un péage urbain d'accès à une zone pourrait par exemple freiner son développement. Ce sont là autant d'exemples qui montrent la nécessité de progresser dans la connaissance systémique du fonctionnement de la ville.

Plus particulièrement un certain nombre de questions restent ouvertes, elles ont été soulevées lors de ce colloque et je me contenterai de les rappeler brièvement, sans prétendre à l'exhaustivité :

- l'impact d'un péage de zone sur le développement urbain interne à l'agglomération et sur la compétitivité entre agglomérations urbaines ;
- les bénéfices que pourraient retirer les entreprises d'un fonctionnement plus efficace des transports, leurs contributions et la durabilité de ce fonctionnement ;
- la conciliation de l'efficacité économique et de l'équité sociale ; le risque d'exclusion de populations défavorisées de la ville-centre ;
- l'impact sur les comportements des usagers :
  - quelles sont les réactions des usagers aux mesures de restriction d'usage de la voiture, quelles méthodes pour simuler ces réactions ;
  - la captivité actuelle par rapport à la voiture et la relative inélasticité de la demande au prix qui en découle ; quelle offre modale offrir en alternative (complémentarité modale, intégration des réseaux pluri-modaux...) ?
  - quel est l'impact des systèmes de la tarification dynamiquement ajustée, par exemple par l'état de la congestion ou par un système de surenchère ?
- "l'ingénierie sociale" nécessaire pour accompagner l'introduction de nouveaux scénarios de transports incluant éventuellement le péage ;
- la clarté des signaux envoyés aux usagers :
  - les signaux de prix envoyés par le marché : qui sont les bénéficiaires du système des transports et quels sont les avantages qu'ils en retirent ; quels niveaux de prix fixer pour les différents "services" offerts ?
  - et plus généralement l'ensemble des signaux aux usagers : redistribution de la voirie, modération du trafic, etc...

- comment utiliser les ressources financières de manière plus "intelligente" ; quel mode de financement pour les "services urbains" ; comment gérer la fiscalité de manière pertinente pour atteindre les objectifs fixés : impôts, taxes sur les véhicules, taxes sur les carburants ou taxes directes à l'usage de la voiture en ville ; comment fixer notamment des contraintes écologiques aux activités économiques ("éco-taxe" ou incitations tarifaires aux économies d'énergie) ?

Ce sont là autant de questions dont la résolution progressive devrait apporter des éclairages pour une meilleure gestion de la ville. Parce que l'enjeu est bien là, proprement politique. Comment les collectivités urbaines vont-elles pouvoir maîtriser leur avenir ? Parmi les multiples leviers possibles pour orienter cet avenir, le système des transports en constitue un non négligeable.

## TABLE DES MATIERES

<b>Préface</b>	1
<i>Alain Bonnaïfous</i>	
<b>Introduction</b>	3
<i>Martin Lee-Gosselin</i>	
<b>Thème 1 : Congestion et crise du financement des transports dans les villes : les solutions envisagées et leurs limites.</b>	
"Simulation de la demande de transport automobile dans la région métropolitaine de Montréal à l'horizon 2011"	9
<i>Yves Bussière</i>	
"Les nouveaux défis de Montréal face à l'évolution du contexte des transports et de l'aménagement du territoire"	33
<i>Jean Bertrand</i>	
"Congestion et crise du financement des transports à Lyon : vers un péage urbain ?"	41
<i>Charles Raux, Eric Tabourin</i>	
"Le péage urbain, une solution aux congestions des grandes villes"	65
<i>Julio Garcia-Ramon</i>	
"Payer le véritable coût des transports"	79
<i>Ariel Alexandre</i>	
Synthèse des discussions	85
<i>Bruno Faivre d'Arcier</i>	
<b>Thème 2 : la tarification et la récupération des externalités</b>	
"Centralité urbaine et valeurs foncières : les enjeux d'une tarification des déplacements"	89
<i>François des Rosiers</i>	
"New findings on the significance of urban pricing and industry availability"	101
<i>David Lewis, Pierre-Pascal Gendron</i>	
"Péage urbain versus congestion : l'économiste et les usagers"	129
<i>Dominique Bouf, Yves Crozet</i>	
"Les "routes de première classe" : un péage urbain choisi par l'usager"	143
<i>Francis Papon</i>	
"Is "perfect" road-pricing cost effective ?"	165
<i>Odd Larsen, Philippe Mathieu, Farideh Ramjerdi</i>	
Synthèse des discussions	177
<i>Bruno Faivre d'Arcier</i>	

**Thème 3 : Les réactions des usagers.**

"Vers la simulation du choix des usagers d'un système de péage urbain"	181
<i>Martin Lee-Gosselin</i>	
"Eléments méthodologiques sur les méthodes d'analyse des comportements face à un péage urbain"	197
<i>Francis Leblanc</i>	
"Quels effets pourraient avoir sur la circulation un péage urbain en Ile de France ?"	213
<i>Alain Meyère</i>	
Synthèse des discussions	227
<i>Odile Andan</i>	

**Thème 4 : Les enjeux et l'acceptabilité du péage.**

"Alternative approaches to urban transport pricing and their linkage to investment"	231
<i>David Gillen</i>	
"Les effets redistributifs du péage urbain"	243
<i>Jean-Loup Madre</i>	
"Subsidies, Taxes and Prices : their roles and effects in transportation planning in Vancouver"	255
<i>Trevor Heaver</i>	
"Pricing as a response to congestion and air pollution in California"	273
<i>Martin Wachs</i>	
"Une taxinomie des modalités de tarification environnementale : les réalités de l'acceptation populaire"	283
<i>Pierre-Pascal Gendron</i>	
"Urban road pricing : dealing with the issue of public acceptability - a UK perspective"	295
<i>Peter Jones, Susan Harvey</i>	
Synthèse des discussions	317
<i>Patrick Bonnel</i>	

**Table ronde : "Le péage urbain peut-il être un outil efficace pour réguler le système de transports urbains ?"**

"Some fundamental questions regarding the use of prices as a regulator of city transport"	321
<i>Konrad Studnicki-Gizbert</i>	
"Quatre questions pour un débat"	329
<i>Alain Bonnafe</i>	
"Le péage urbain et l'entreprise privée"	335
<i>Me Gaston Lafleur</i>	
"Péages urbains, doux rêves, dures réalités"	341
<i>Yves Geffrin</i>	
Synthèse des discussions	349
<i>Jean-Michel Cusset</i>	
<b>Conclusion</b>	
<i>Charles Raux</i>	353

Imprimerie BOSC FRERES  
105, avenue Jean-Jaurès  
69600 OULLINS

Dépôt légal n° 8920  
Septembre 1992

## **LES GRANDES ORIENTATIONS DE LA POLITIQUE SCIENTIFIQUE**

- . Faire un effort de programmation scientifique dans les domaines nouveaux ou en cours de développement, en fonction du potentiel et des opportunités de la Région.
- . Préparer les bases d'une politique incitative et structurelle.
- . Identifier des formes de la demande sociale dans le domaine des Sciences Humaines.
- . Structurer des équipes de recherches identifiées au cours d'appels d'offres autour de pôle prenant appui sur les structures existantes et dotées de pouvoirs de décision.
- . Participer activement à la formation des jeunes chercheurs.
- . Mieux insérer la recherche en Sciences Humaines dans le tissu socio économique de la Région et rapprocher les acteurs.
- . Valoriser et diffuser les informations ainsi que les méthodes mises en oeuvre pour les produire. Permettre aussi à tous les intervenants culturels d'avoir accès aux résultats des travaux de recherche. Rapprocher la recherche de ceux-là même qui constituent son champ d'investigation, ce qui peut être la spécificité régionale la plus pertinente.

Le Programme Pluriannuel en Sciences Humaines Rhône-Alpes permet de faire mieux ressortir l'important potentiel de recherches en Rhône-Alpes. L'ensemble des propositions régionales s'insère dans les grandes orientations de la politique nationale.

## RESUME

Face à la crise du financement des transports urbains et aux encombrements croissants dans les grandes agglomérations, l'application à plus grande échelle de péages en milieu urbain (péages d'accès ou tarifications de zone) serait-elle une solution ? A travers les communications présentées lors du colloque "La régulation des déplacements urbains par leurs prix" qui s'est tenu à Lyon, dans le cadre des ENTRETIENS JACQUES CARTIER, les 4, 5 et 6 décembre 1991, ce livre propose au lecteur des réflexions riches et stimulantes. La diversité d'origine des auteurs, d'Europe et d'Amérique du Nord, du monde de la recherche ou du terrain (réseaux de transports, responsables du trafic, autorités organisatrices...), permet d'aborder les multiples facettes de cette question. Sont abordés notamment : le contexte actuel de crise du financement et de la congestion et les grandes tendances à l'oeuvre ; la tarification et la récupération des externalités du transport urbain auprès des bénéficiaires ; les comportements des usagers face à un éventuel péage ; l'acceptabilité par l'opinion du péage ; et enfin les éléments d'un débat d'ensemble sur les enjeux et les objectifs du péage urbain.

## ABSTRACT

*In view of the crisis in the financing of urban transport, and growing traffic congestion in the larger urban areas, is a solution to be found in the wider application of pricing mechanisms such as urban road tolls or zone charges ? Originating from a colloquium held in Lyons in December 1991 (ENTRETIENS JACQUES CARTIER, 4, 5 and 6 December 1991), this book offers the reader a rich and stimulating set of reflections about such pricing. The complexity of the question is revealed by a diversity of authors from different parts of Europe and North America, representing both the research community and practitioners from public transport organizations, traffic authorities and other interested bodies. In particular, this book covers : the current context of a double crisis in urban transport (decreasing financing and increasing congestion) ; pricing and the recovery of externalities from the beneficiaries of urban transport ; potential behavioural adaptations to pricing by users ; the public acceptability of pricing controls ; and, the elements of a debate on the issues and objectives of pricing in urban transport.*



CENTRE JACQUES CARTIER